POLAR
PAM
143

POLARPAM

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

DIVISION OF MECHANICAL ENGINEERING

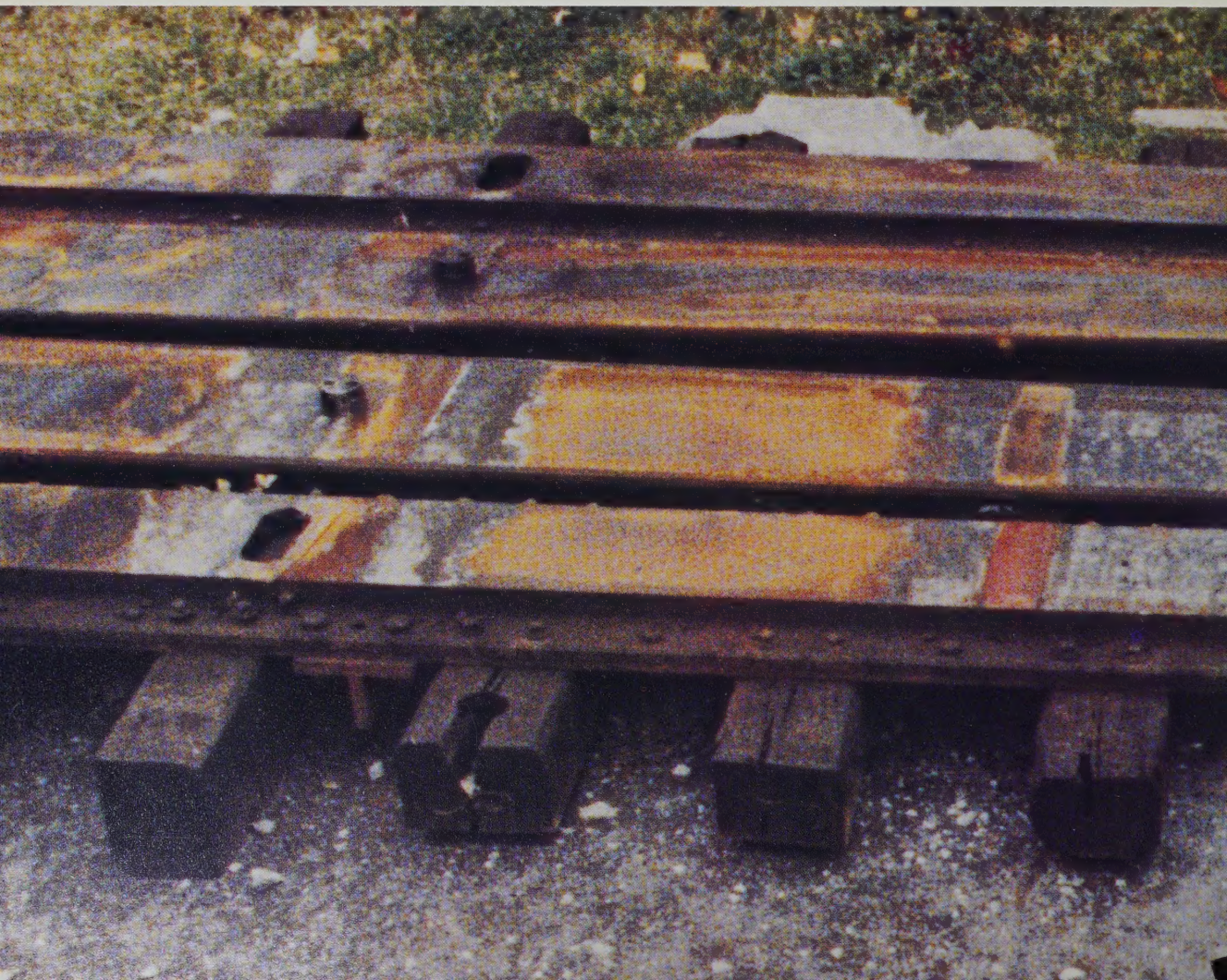
DIVISION DE GÉNIE MÉCANIQUE

Pam: 061.1:(*41) NRC-DME

Pam:
061.1:(*41)
NRC-DME

The cover rust patterns were photographed on a side track near the new Railway Vehicle Dynamics Test building at Uplands Airport.

Les figures tracées par la rouille, représentées sur la page de couverture de cette brochure, ont été photographiées sur une voie d'évitement du nouveau Centre d'essais de la dynamique des véhicules ferroviaires au campus de l'aéroport d'Uplands.



BOREAL INSTITUTE
LIBRARY

National Research Council Canada | Conseil national de recherches Canada

DIVISION OF MECHANICAL ENGINEERING

DIVISION DE GÉNIE MÉCANIQUE

Rec'd: JUL 21 1978
Order No.:
Price: Free
Acc. No.: N.R.C.

30803

Over the years, the Division of Mechanical Engineering has been deeply involved in the problems of many Canadian companies. At first sight many of these problems might have appeared ad hoc, short-term or parochial in spite of their possible financial seriousness, and it is sometimes imagined that a research laboratory finds such things distractions and hindrances toward the attainment of its long-term goals. It needs to be stressed that a thorough understanding of the problems of the present provides reliable guidance to the establishment of future goals. Not only, therefore, is it in our interest to do the best we can toward the solution of problems within our competence and scope, but each success or failure contributes to our capacity to deal more successfully with the next issue and with the future. As part of the National Research Council, the Division has obligations towards all sections of industry, business and the community at large. Enquiries are welcomed in all circumstances in which we may be of assistance, whether through knowledge obtained in our general engineering research program, by contract, by direct collaboration or by collaboration through consultants.

Enquiries can be sent to:

The Director
Division of Mechanical Engineering
National Research Council of Canada
Ottawa, Ontario
Canada
K1A 0R6

Au fil des ans, la Division de génie mécanique s'est penchée de près sur les problèmes de nombreuses compagnies canadiennes. À prime abord, plusieurs d'entre eux peuvent paraître terre-à-terre ou à très courte portée en dépit de leurs importantes retombées économiques éventuelles et on pourrait croire qu'un laboratoire de recherche est distrait de ses buts à long terme par de telles tâches. Il convient toutefois d'insister sur le fait qu'une bonne compréhension des problèmes d'aujourd'hui est un guide précieux dans la poursuite des objectifs de demain. Outre qu'il est de notre intérêt de nous dépenser pleinement pour résoudre les problèmes qui sont à notre portée, chaque succès, voire même chaque échec, nous permet de faire plus facilement face au défi suivant et aux difficultés à plus long terme. En tant que partie intégrante du Conseil national de recherches du Canada, la division a des obligations envers tous les secteurs de l'industrie et des entreprises du Canada, de même que vis-à-vis de la communauté dans son ensemble. On est invité à s'adresser à la Division de génie mécanique dans tous les cas où ses services peuvent être de quelque utilité, qu'il s'agisse pour elle de partager les connaissances obtenues dans le cadre de programmes généraux de recherche en ingénierie, ou les connaissances découlant de travaux effectués sur contrat, en collaboration directe ou en collaboration par l'entremise de consultants.

Pour plus de renseignements s'adresser au:

Directeur
Division de génie mécanique
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0R6

Introduction

The Division of Mechanical Engineering of the National Research Council of Canada has been established to provide a broad range of expertise and experimental facilities aimed at promoting the technology advancement and furthering the productivity of Canadian industry.

The Division's main research facilities are located in Ottawa, both on the Montreal Road campus of the NRC and at the Uplands Airport complex. A section of the Division is also located in Vancouver, B.C., to serve some of the needs of the western provinces.

Canada's vast land area, rigorous climate and dispersed population dictate a diversified approach to transportation development. Maintaining a flow of raw materials, food and fuel to Canada's industrial centers and providing adequate passenger and freight transportation systems, both within cities and over longer distances, place multiple demands on available technologies; this requires research and development in many different directions. As a consequence, the Division devotes approximately half its research and development activities to the various aspects of transportation engineering.

Another broad field of research falls under the general heading of manufacturing research, covering a wide range of new industrial techniques and a number of energy-related developments. The remainder of the Division's research efforts are centered on computer applications, control systems and human engineering, including medical instrumentation.

To ensure a fruitful exchange of information with the Canadian industrial community and to focus its research and development activities on the fields of greatest benefit to it, the Division maintains a continuing dialogue through several consultation mechanisms such as Associate Committees, composed of specialists from the NRC laboratories, industry and other research entities. The action of these Committees helps coordinate the Division's R & D activities with other Canadian efforts. Furthermore, an Advisory Board composed of leaders from the industrial community reviews the value and relevance of existing and proposed projects. There is also a continuous collaboration between the Division's laboratories and Canadian companies on a wide spectrum of research projects.

To disseminate knowledge gained through its research programs, the Division publishes Technical Newsletters, a Quarterly Bulletin and a comprehensive Annual Report.

Introduction

La Division de génie mécanique du Conseil national de recherches a été créée pour rassembler des spécialistes ainsi que des installations expérimentales dans le but de promouvoir l'avancement technologique et d'augmenter la production industrielle canadienne.

Les principales installations de recherche de la division sont situées à Ottawa, sur le campus du chemin de Montréal et sur le campus de l'aéroport d'Uplands. Une section de la division est située à Vancouver, en Colombie britannique, où elle répond aux besoins des provinces de l'Ouest.

Le Canada, pays aux vastes étendues, au climat rigoureux et à la population disséminée, se doit de diversifier ses efforts dans le développement des moyens de transport. Qu'il s'agisse de transporter de grandes quantités de matières premières, de nourriture et de carburant vers les centres industriels canadiens ou de fournir des véhicules efficaces pour le transport des passagers et des marchandises, tant à l'intérieur des villes que sur de longues distances, il est essentiel que la technologie disponible soit des plus adéquates, ce qui requiert des travaux de recherche et de développement dans plusieurs domaines. C'est pourquoi environ la moitié des activités de recherche et de développement de la division est consacrée aux divers aspects technologiques des transports.

La division consacre également une bonne partie de ses efforts à la recherche manufacturière en général, ce qui couvre un large éventail de techniques industrielles de pointe ainsi que bon nombre de travaux de développement reliés à l'énergie. Les autres travaux de recherche de la division se concentrent sur les applications des ordinateurs, les systèmes de commande, l'ergonomie et l'instrumentation médicale.

Afin d'entretenir des échanges fructueux avec le monde industriel canadien et d'orienter ses activités de recherche et de développement vers les domaines qui peuvent le plus profiter au monde industriel, la division maintient un dialogue constant avec l'industrie grâce à plusieurs mécanismes de consultation comme, par exemple, les comités associés, composés de spécialistes représentant le CNRC, le monde industriel et d'autres organismes de recherche. Les travaux de ces comités contribuent à coordonner les activités de R & D de la division avec les autres efforts canadiens dans les mêmes secteurs. De plus, un comité consultatif composé de représentants éminents du monde industriel se penche sur la valeur et la pertinence des projets en cours et des projets envisagés. Enfin, les laboratoires de la division travaillent à un grand nombre de projets de recherche en collaboration avec des compagnies canadiennes.

Pour disséminer les connaissances acquises grâce à ses travaux de recherche, la division publie des notices techniques, un bulletin trimestriel et un compte rendu annuel détaillé.

Transportation Technology

This major new test facility, under construction near Uplands Airport, Ottawa, will house a unique track simulator capable of accommodating cars of up to 29 m between endplates, 136 t in weight, and simulate speeds of up to 240 km/h. One of the unusual aspects of this facility will be its ability to simulate curving track conditions. This building will also house a precision weight scale and a vibration test section.

Cette grande installation expérimentale, en construction près de l'aéroport d'Uplands à Ottawa, comprendra un simulateur de voie exceptionnel, capable de recevoir des wagons de chemin de fer longs de 29 m (hors-tout) et pesant jusqu'à 136 t, et de simuler des vitesses atteignant 240 km/h. Un des aspects originaux de cette installation sera sa capacité de simuler les courbes de la voie. Le nouvel édifice logera également une balance de précision, pour wagons, ainsi qu'une section pour les tests de vibration.

Rail

In Canada, railways are the backbone of long distance transportation. In recent years, however, it has become clear that several aspects of rail transportation could benefit from the introduction of new technologies, notably in the design of better railway cars.

Existing cars suffer from major limitations as they do not turn corners easily and are often unstable at relatively low speeds. This results in undue wear on rails and car wheels, thereby increasing the danger of derailment. To solve these problems, various models of steering cars have been built. However, model studies alone cannot determine the complete full-scale behavior. This has spurred the development of full-scale track simulators in which rotating rollers replace the track, the vehicle under test remaining stationary.

Such a facility, at present under construction by the Division, will include a track simulator capable of accommodating cars up to 29 m long between end plates and 136 t in weight and be capable of simulating speeds up to 240 km/h. One of the unique aspects of the installation will be its ability to simulate curving track conditions, a feature not available elsewhere. The new Railway Dynamics building will also house a precision weight scale and a vibration test section. The vibration equipment will

La technologie des transports

Le transport ferroviaire

Au Canada, les chemins de fer constituent l'ossature du transport à longue distance. Depuis quelques années cependant, il est clair que plusieurs aspects du transport ferroviaire pourraient profiter de l'avènement de nouvelles techniques, et spécialement les wagons.

Les wagons actuels ne donnent pas entière satisfaction car ils ne prennent pas facilement les courbes et sont souvent instables à vitesse réduite. Ce problème entraîne une usure anormale des rails et des roues, ce qui augmente le danger de déraillement. Pour résoudre ces problèmes, on a construit divers modèles de wagons à roues orientables. Cependant, l'étude de modèles réduits ne peut à elle seule permettre l'analyse détaillée du comportement à l'échelle grandeur nature. On a résolu cette difficulté grâce à la mise au point de simulateurs de voie ferrée, grandeur nature, dans lesquels des rouleaux en rotation remplacent la voie, le véhicule à l'essai demeurant stationnaire.

Une telle installation est actuellement en construction à la division. Elle comprendra un simulateur de voie ferrée capable de supporter des wagons pouvant atteindre 29 m de longueur hors-tout et peser jusqu'à 136 t. De plus, elle pourra simuler des vitesses pouvant atteindre 240 km/h. Sa capacité de simuler les courbes de la voie constitue un aspect original de l'installation puisqu'on ne trouve cette caractéristique nulle part ailleurs. Le nouveau laboratoire de dynamique ferroviaire comprendra aussi une balance de précision et une section pour les essais de vibration. Les appareils de mesure des vibrations permettront d'étudier les propriétés dynamiques et les caractéristiques de la suspension des wagons de marchandise sans avoir à faire tourner leurs roues.

Si les aiguillages de chemin de fer ne sont pas déneigés, ils ne peuvent fonctionner puisque même de petites quantités de glace et de neige peuvent les empêcher de se fermer. Pour le réseau ferroviaire canadien, qui comporte une forte proportion de lignes à voie simple exigeant l'aiguillage sur une voie de service, la panne d'un seul aiguillage peut entraîner des inconvénients très sérieux. En 1969, à la suite de recommandations faites par le Comité associé du CNRC sur les problèmes ferroviaires, la Division de génie mécanique a commencé à étudier les moyens de garder les aiguillages en bon état de fonctionnement en dépit de la neige ou de la glace. Les réchauffeurs d'aiguillages obtenus de fournisseurs étrangers n'étant pas adéquats, la division a entrepris un programme intensif dans ce domaine; ces études ont conduit à un réchauffeur amélioré, capable de libérer les aiguillages de la neige et la glace tout au long de l'hiver.

Cependant, les réchauffeurs ne constituent pas la meilleure solution à long terme à ce problème, car ils peuvent endommager les traverses et l'empierrement de la voie. Par conséquent, la division a conçu une autre méthode de protection, basée sur un courant d'air à haute vitesse qui empêche la neige de tomber sur l'aiguillage. Des essais de deux prototypes pendant quatre hivers dans une cour de triage de la région de Montréal ont été concluants: la neige ou la glace n'ont causé aucune panne, même pendant les pires tempêtes. On a fait une demande de brevet et un fabricant construit présentement un petit nombre de ces systèmes en vue de poursuivre les essais.

Par ailleurs, la division travaille actuellement à la conception de nouveaux aiguillages pouvant fonctionner sans aucune protection sous toutes conditions atmosphériques. Deux nouveaux aiguillages ont été fabriqués, et l'un d'entre eux, caractérisé par un mécanisme à mouvement horizontal, subit présentement des modifications mineures après la réussite d'expériences sur le terrain tout au long d'une saison froide. On espère que ces modifications amélioreront sa performance générale.

be used to carry out tests on the dynamic properties and suspension characteristics of freight cars, without their wheels turning.

If rail track switches are not kept clear of snow, they become inoperative since even relatively small amounts of ice and snow can prevent complete switch closure. For the Canadian railway network, with its large proportion of single-track lines requiring the use of sidings, the failure of even one switch can cause considerable dislocation. As a result of recommendations by the National Research Council's Associate Committee on Railway Problems, the Division of Mechanical Engineering began, in 1969, to investigate means of keeping switches operable throughout snow or ice conditions. Early switch heater designs obtained from abroad proved inadequate and an intensive program was undertaken; it led to an improved switch heater, capable of keeping switches clear of ice and snow throughout the winter.

Thermal switch protectors, however, are not the best long-term solution to the problem as they can damage the railway ties and the track ballast. Consequently, the Division has devised an alternative method of switch protection based on the use of a high speed air curtain to prevent falling snow from depositing on the switch. Field tests of two prototypes have been carried out over four winters in a Montreal area switching yard without any failure due to ice or snow in the severest storms. Patent action has been taken and a manufacturer is producing a limited number of these units for a more extensive field evaluation program.

The Division is also investigating new switch designs that will operate without protection under any weather conditions. Two possible designs have been built and one of them, characterized by a horizontal movement mechanism, is undergoing minor design changes following a winter of successful field trials to improve general performance.

Road

Road transportation, both in private motor vehicles and public transportation systems, remains the most important means of moving Canadians over short and intermediate distances.

Growing public concern about energy supplies has led the Division to investigate the possibility of devising energy-conserving private cars that would be more suited to the urban environment with its stop-and-go driving. As a first step in this program, a set of general performance specifications has been formulated for such a car. In addition to developing a computer model to evaluate vehicle performance, researchers are preparing to study a new type of hybrid urban car that will combine a normal internal combustion engine running at constant optimum speed with an energy storage system. The latter will consist of a reservoir of air to be compressed through the operation of the engine and the braking action. Compressed air would then be released through a turbine that would drive the wheels.

Traditionally, automotive gear oils have been tested in laboratory rigs using specially selected automobile rear axle assemblies. This process has limitations since car models change every year and variations in gear design lead to inconsistent results. An attempt is now being made to use a special gear box designed specifically for testing purposes so that a more satisfactory yardstick for gear oil performance can be established.

Another facet of the Division's road transportation research is a program aimed at improving the efficiency of public transportation systems. To achieve optimum operation, planners need to know the number of passengers on individual vehicles at key points of the system, at all times. To this end, the Vancouver Laboratory of the Division has developed a prototype passenger counting system. Following successful field trials in Vancouver, an effort is now being made to turn this prototype into a marketable device.

If rail track switches are not kept free of ice and snow they can fail, causing considerable traffic dislocation. A new method of switch protection, using a high velocity air curtain to deflect falling snow, has been devised by the Division of Mechanical Engineering. Field tests of two prototypes over the last few winters have shown that the new switch protector works very well in the severest storms.

Si les aiguillages de chemin de fer ne sont pas protégés de la neige et de la glace, ils peuvent faire défaut et provoquer des retards considérables sur les lignes ferroviaires. La Division de génie mécanique a donc mis au point une nouvelle méthode de protection des aiguillages, fondée sur l'emploi d'un courant d'air à haute vitesse qui empêche la neige de tomber sur l'aiguillage. Des essais sur le terrain de deux prototypes, ces quatre derniers hivers, ont montré que le nouveau protecteur d'aiguillage fonctionne très bien même dans les pires tempêtes de neige.

Le transport routier

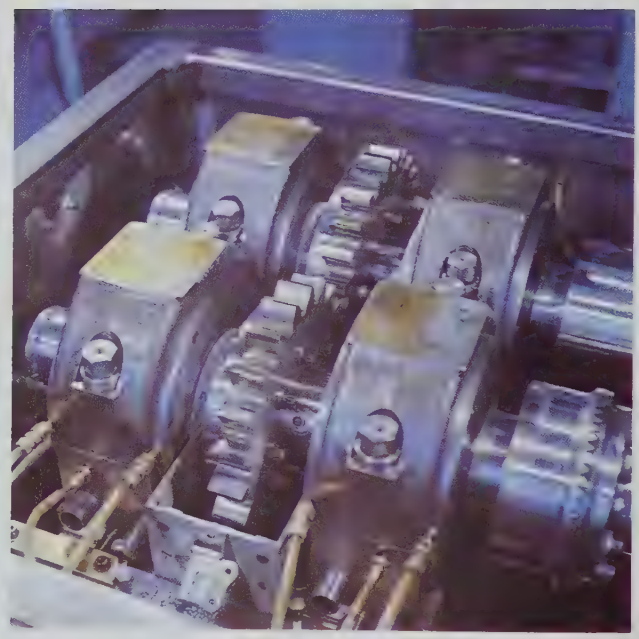
Le transport routier, qu'il s'agisse des véhicules privés ou des systèmes de transport en commun, constitue le moyen de déplacement le plus important pour les Canadiens qui parcourent de courtes et moyennes distances.

La société est de plus en plus consciente des limites de ses ressources énergétiques. C'est ce qui a amené la division à explorer la possibilité de mettre au point des voitures consommant moins d'énergie, spécialement en milieu urbain où elles sont soumises à des arrêts et départs fréquents. La première étape de ce programme était l'établissement de normes de performance pour de telles voitures. En plus de mettre au point un modèle d'ordinateur pour évaluer les performances de ces véhicules, les chercheurs s'apprêtent à étudier un nouveau type de véhicule urbain qui combinerait un moteur à combustion interne normal, fonctionnant à vitesse optimale constante, et un système de stockage de l'énergie. Ce dernier comprendrait un réservoir d'air comprimé grâce au fonctionnement du moteur et à l'application des freins. L'air comprimé serait alors libéré dans une turbine qui actionnerait les roues.

Par le passé, les huiles servant à lubrifier les engrenages des automobiles étaient vérifiées en laboratoire

This specially designed gear box is used to evaluate automotive gear oils, helping to establish better standards for gear oil performance.

Cette boîte de vitesses spéciale sert à l'évaluation des huiles pour engrenages d'automobiles; on vise ainsi à établir de meilleures normes pour ces huiles.



à l'aide de ponts arrière spécialement choisis. Ce procédé est limité puisque les caractéristiques des voitures changent chaque année et que les modifications aux ponts arrière entraînent des résultats plus ou moins fiables. On essaie donc maintenant d'utiliser pour les essais une boîte de vitesses spéciale, conçue à cette fin. De cette façon, on pourra mesurer plus adéquatement l'efficacité des lubrifiants.

Une autre facette du travail de la division sur le transport routier vise à accroître l'efficacité des réseaux de transport en commun. Pour arriver au meilleur réseau possible, les responsables de la planification ont besoin de connaître en tout temps le nombre de passagers dans chacun des véhicules qui passent à des endroits clés du réseau. À cette fin, le laboratoire de Vancouver de la division a mis au point un prototype de système de comptage des passagers. Les essais sur place à Vancouver ayant été concluants, on travaille maintenant à transformer ce prototype en un dispositif commercial.

Finalement, des chercheurs de la division étudient de nouvelles méthodes de déneigement des routes et des pistes d'atterrissage. Ils ont conçu un nouveau type de chasse-neige qui fonctionne avec un minimum de frottement grâce à la présence d'un film d'air entre la lame et la neige; cet appareil s'appuie sur le même principe que les véhicules à coussins d'air. La division étudie aussi d'autres méthodes de déneigement, telles que de puissants jets d'air qui pourraient servir au dégagement rapide des voies ferrées.

Les véhicules à coussins d'air

Dans certaines régions du Canada, à cause de la nature du sol et de la rigueur du climat, seuls des véhicules exerçant une très légère pression au sol peuvent circuler sans endommager la surface fragile du terrain. Comme la charge des véhicules à coussins d'air (VCA) est distribuée uniformément sur leur assise, ces véhicules exercent un minimum de pression au sol; ils permettent le transport de lourdes charges sur la neige, les fondrières, la glace brisée, l'eau ou les chemins les plus rudimentaires. Ces véhicules offrent donc des possibilités très intéressantes pour l'amélioration du réseau de transport canadien, sans entraîner de coûts élevés de construction routière.

La Division de génie mécanique du CNRC travaille en étroite collaboration avec le Comité associé sur la technologie des coussins d'air au développement de VCA adaptés aux besoins du Canada. Un programme de recherche fondamentale étudie l'interaction des divers types de jupes de VCA avec la grande variété de terrains que l'on rencontre au Canada; on dispose, à l'aéroport d'Uplands, d'un terrain d'essais avec des marécages, des boisés défrichés, des terrains sablonneux et des routes de gravier. D'autres essais ont lieu à l'aéroport de Rockcliffe, où l'on a construit un terrain d'essais à surface artificielle de rugosité standardisée et des installations d'essais à haute vitesse.

Deux véhicules d'essais servent à ces expériences: HEX-1 (CASPAR), un laboratoire mobile de cinq tonnes avec un ensemble complet d'instruments auquel on peut adapter tout ensemble de jupes; et HEX-4, un véhicule plus petit, employé pour les expériences préliminaires et les essais à haute vitesse. Les résultats de ces essais permettent d'améliorer la conception des jupes et pourront conduire à une meilleure compréhension de la technologie des jupes des VCA terrestres, de la performance des véhicules et de leurs effets sur le terrain.

Le laboratoire a terminé un programme d'essais sur une remorque assistée de coussins d'air, conçue pour transporter 20 tonnes de bois sur des routes forestières rudimentaires. Ce type de véhicule hybride semble particulièrement prometteur puisqu'il offre aux véhicules conventionnels la possibilité de circuler en dehors des routes carrossables.

Les chercheurs du CNRC ont employé un radeau expérimental à cous-

Finally, researchers are now considering new methods of removing snow from roads and airport runways. They have devised a new type of low friction snow plough whose action depends on a film of air between the blade and the snow; it is based on the same principle as air cushion vehicles. Other schemes for snow removal considered in the Division include powerful jets of air which might be found useful for high speed clearing of tracks.

Air Cushion Vehicles

In many areas of Canada, terrain and climate interact to produce such a fragile surface that only vehicles with a very low footprint pressure can traverse it. The air cushion vehicle (ACV) spreads its load uniformly over its entire undersurface, thus achieving the lowest footprint pressure possible; this enables heavy freight to be transported over snow, muskeg, broken ice, water, or unimproved trails. These vehicles thus have a major potential for the improvement of the transportation network in Canada without incurring prohibitive road-building costs.

The Division of Mechanical Engineering works closely with NRC's Associate Committee on Air Cushion Technology in the development of ACV's suited to Canada's needs. There is a basic research program covering the interaction of various types of ACV skirts with the range of terrain encountered in Canada and a test site exists at Uplands where terrain ranging from swamp through cut-over woodland, sandy ground and gravel road is available. A second site, incorporating standardized synthetic roughness and facilities for high speed testing, is located at Rockcliffe Airport.

Experiments are carried out with two test vehicles, HEX-1 (''CASPAR''), a five-ton mobile laboratory with complex instrumentation under which any skirt system can be fitted and HEX-4, a smaller vehicle used for preliminary and high speed tests. The data obtained aid in skirt design and will make possible a rational understanding of overland skirt technology, performance and effects on terrain.

The Laboratory has carried out a test program on an air-cushion-assisted trailer designed to carry a 20-ton load of timber on unimproved forest roads. This type of hybrid vehicle is a particularly promising development, offering conventional transport vehicles the prospect of off-road operating capability.

An NRC experimental air cushion raft has been operated as a cable ferry at the Uplands vehicle proving grounds. Based on the success of these experiments, the Alberta Government has awarded a contract for the construction of an air cushion ferry to be used for a year-round field trial across the Peace River in northern Alberta, carrying 30-ton loads over water and weak ice. The ferry will be a scaled-up version of the NRC prototype and will benefit largely from the NRC groundwork in the field. The cost of this field trial is being borne on a 50 - 50 basis between Alberta Transportation and the NRC.

Following the discovery by Transport Canada engineers that air cushion vehicles are very efficient in breaking thick ice on lakes and rivers, divisional scientists have maintained close cooperation with other government departments in this exciting new field and have started tests to help clarify the mechanism by which air cushion vehicles are able to break ice faster and with less expenditures of fuel than conventional icebreakers.

Marine

Canada has a special interest in coastal engineering and marine dynamics. The country has more than 131,000 nautical miles of coastline on three oceans, the Pacific, the Arctic and the Atlantic, in addition to two of the world's longest rivers, the St. Lawrence and the Mackenzie, and nine of the world's principal lakes. Thus, the country requires a very extensive marine transportation system.

Divisional researchers have been active for the past 30 years in a wide

In cooperation with Canadian manufacturers of automotive equipment, the Division is studying energy-efficient car fans and radiators using full-scale wind tunnel testing techniques.

En collaboration avec des manufacturiers canadiens de pièces d'automobiles, la division étudie des ventilateurs et des radiateurs d'automobiles consommant moins d'énergie; les nouvelles méthodes expérimentales font appel à des essais portant sur des voitures complètes placées dans une soufflerie.

sins d'air comme traversier à câbles aux terrains d'essais d'Uplands. Vu le succès remporté par ces expériences, le gouvernement albertain a par la suite décidé de procéder à la construction d'un traversier expérimental à coussins d'air. Il fera l'objet d'essais sur place pendant un an sur la rivière de la Paix, en Alberta, et portera des charges de 30 tonnes au-dessus de l'eau et de la glace mince. Le traversier sera une version agrandie du prototype du CNRC et devra beaucoup au travail du CNRC en ce domaine. Le coût de ce programme d'essais est partagé également entre le ministère albertain des Transports et le CNRC.

Depuis que des ingénieurs de Transports Canada ont découvert que les véhicules à coussins d'air sont très efficaces pour briser une épaisse couche de glace sur les lacs et les rivières, les scientifiques de la division collaborent étroitement avec d'autres ministères fédéraux en ce nouveau domaine très prometteur. Ils ont commencé à faire des essais afin de mettre en lumière ce qui permet aux véhicules à coussins d'air de briser la glace plus vite et en consommant moins de carburant que les brise-glace conventionnels.

Le transport maritime

Le Canada se doit de s'intéresser tout spécialement au génie côtier et à

Following work with an experimental air cushion raft operated as a cable ferry at the Division's Uplands proving grounds, the Alberta Government and NRC will collaborate in a field trial of this air cushion ferry that will operate year-round across the Peace River in northern Alberta, carrying 30 t loads over water or weak ice.

À la suite d'expériences effectuées avec une barge à coussins d'air utilisée comme traversier à câbles au terrain d'essais de la division, près de l'aéroport d'Ottawa, le gouvernement de l'Alberta et le CNRC procéderont conjointement à des essais sur le terrain de ce traversier à coussins d'air. Capable de transporter des fardeaux de 30 t, le nouveau traversier reliera les berges de la rivière de la Paix, au nord de l'Alberta, même en présence de glace à la dérive.

range of hydrodynamic research and testing, from the measurement of the detailed properties of ships and offshore drilling platforms to the evaluation of such marine structures as wharves and caissons; the modification of river estuaries and seashores is also part of the study. Over the years, they have developed a number of sophisticated techniques that allow them to measure the full-scale properties of ships and marine structures from tests performed on small scale models under carefully controlled conditions.

Ship model testing is based on extensive experimental facilities that include a computerized ship model building shop, a 137 m long indoor towing tank and a 120 m exterior maneuvering basin where radio-controlled ship models are subjected to scaled-down waves simulating open sea conditions. Other installations include a water tunnel used in studies of cavitation patterns (the destructive release of vapor bubbles on the surface and in the wake of a propeller) as well as modern instrumentation, computers and software for ship design and data reduction.

Vessels tested in recent years have ranged from fishing boats and car ferries to destroyer escorts, catamaran (twin-hulled) survey ships and bulk carriers. In a current study of a series of fast surface ship models, 96 different hull configurations are being evaluated for water resistance, seakeeping and propulsion needs. Other ongoing programs deal with improvements to the design of yachts and hydrofoils.

In order to study the behavior of Great Lakes cargo vessels in locks, divisional researchers have built three radio-controlled models with varying length-beam ratios and have tested them in a model of a Seaway lock. This investigation included the hydrodynamic forces acting on the vessels during approach and passage through the locks, with a view to recommending modifications to the existing lock structures.

The greatly increased size of modern vessels has made it necessary to

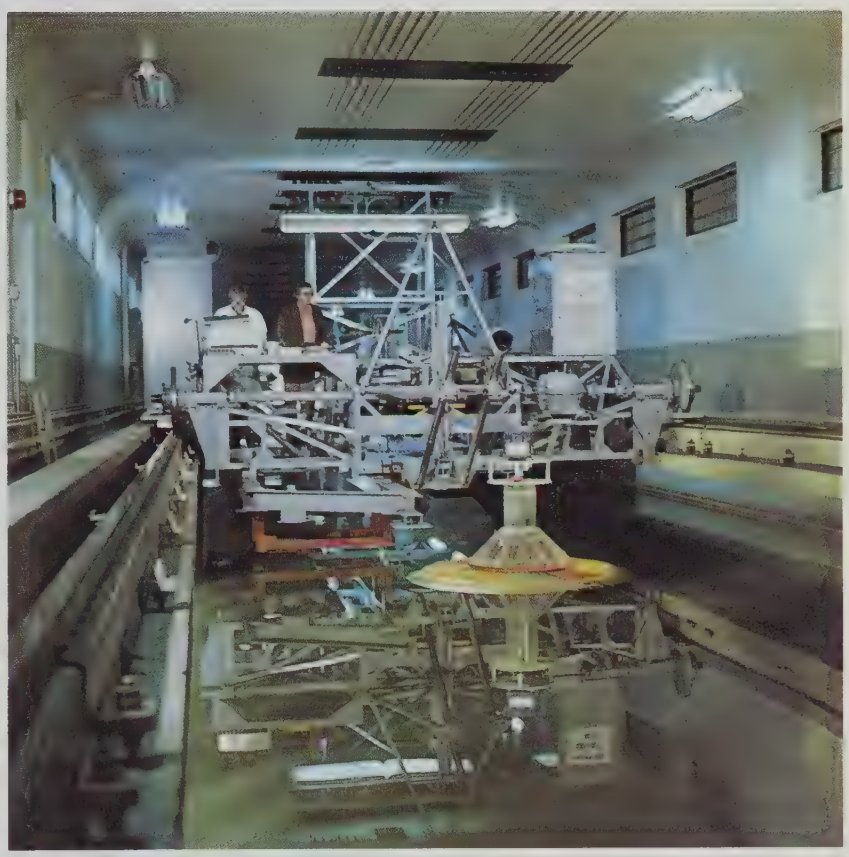
Divisional scientists have done model tests to evaluate static and dynamic properties of the monocone, a giant concrete structure proposed for oil exploration in Canada's Beaufort Sea. These towing tests, performed in the Division's towing tank, were controlled by a computer mounted on the towing carriage.

Des chercheurs de la division ont procédé à des expériences sur maquette dans le but de déterminer les propriétés statiques et dynamiques du monocône, une structure géante de béton dont on a proposé la construction pour l'exploration pétrolière dans la mer de Beaufort, au Canada. Ces tests de remorquage, effectués dans le bassin d'essais des carènes de la division, étaient commandés par un mini-ordinateur monté sur le chariot de remorquage.

la dynamique marine. En effet, le littoral du pays est long de plus de 131 000 milles marins, et longe trois océans, le Pacifique, l'Arctique et l'Atlantique, sans compter deux des fleuves les plus longs du monde, le Saint-Laurent et le Mackenzie, et neuf des plus grands lacs du monde. Il va donc sans dire que le pays a besoin d'un système de transport maritime des plus complets.

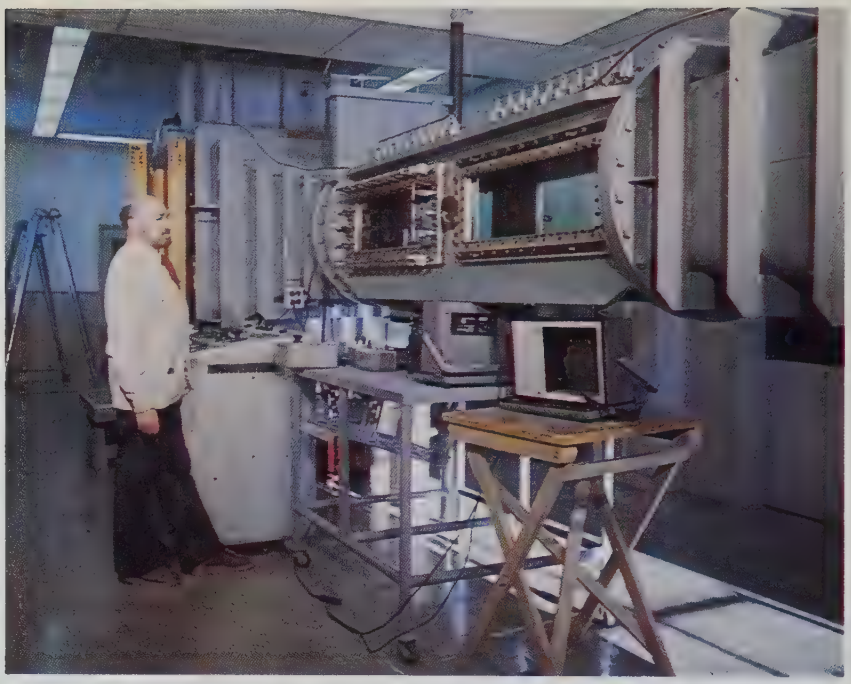
Depuis 30 ans, les chercheurs de la division se sont intéressés à toute une gamme de projets de recherche et d'essais en hydrodynamique, à partir de la mesure des propriétés des navires et des plates-formes de forage en mer jusqu'à l'évaluation des structures comme les quais et les caissons; ils étudient également les modifications au littoral et aux estuaires fluviaux. Au cours des années, ils ont mis au point plusieurs techniques de précision leur permettant de mesurer les propriétés des navires et des structures marines pleine grandeur à partir d'essais sur des modèles à échelle réduite, en travaillant sous des conditions soigneusement contrôlées.

Les essais de modèles de navires se font grâce à des installations expérimentales fort complètes qui comprennent un atelier de construction de modèles de navires, commandé par ordinateur, un bassin d'essais intérieur de 137 m de long et un bassin de manœuvre extérieur de 120 m de



Models of new propeller designs, rudders, hydrofoils and ship stabilizer fins are tested for cavitation problems in a water tunnel (cavitation is the destructive release of vapor bubbles on the surface and in the wake of a propeller). Full-scale ship propellers which have excessive cavitation may suffer erosion damage and cause vibration problems on the ship.

Les problèmes de cavitation (présence destructive de «bulles» de vapeur à la surface et dans le sillage des hélices) des nouveaux modèles d'hélices, de gouvernails, de surfaces portantes d'hydroptères et d'ailerons de stabilisation sont étudiés dans ce tunnel à cavitation. Les hélices de navires qui travaillent en régime de cavitation excessive peuvent être endommagées par érosion et donner naissance à des vibrations dans le navire.



long. Les modèles de navires, télécommandés, y sont soumis à des vagues proportionnellement réduites qui simulent les conditions de pleine mer. Parmi les autres installations, on compte un tunnel hydrodynamique servant à l'étude des problèmes de cavitation (la libération destructive de bulles de vapeur à la surface d'une hélice et dans son sillage) ainsi que des instruments modernes, des ordinateurs et le logiciel pour la conception des navires et le traitement des données.

Au cours des dernières années, les essais ont porté sur des navires de tous genres, à partir des bateaux de pêche et des traversiers pour voitures, jusqu'aux destroyers d'escorte, aux catamarans (embarcations à coques jumelées) pour les études océanographiques et aux vracquiers. Dans le cadre d'une étude sur des modèles de navires rapides, on évalue présentement les propriétés de 96 configurations de coques de navires, y compris leur résistance au mouvement dans l'eau, leur tenue à la mer et leurs besoins en force propulsive. D'autres programmes en cours à la division visent à l'amélioration des yachts et des hydroglisseurs.

Dans le but d'étudier le comportement des cargos dans les écluses des Grands Lacs, les chercheurs de la division ont construit trois modèles télécommandés ayant différents rapports longueur largeur et ils les ont mis à l'essai dans une maquette d'une écluse de la Voie maritime. Cette étude comprenait la mesure des forces hydrodynamiques exercées sur le navire près de l'écluse et durant sa traversée, le tout visant à recommander, si nécessaire, des modifications aux écluses actuelles.

Les dimensions de plus en plus grandes des navires modernes ont rendu nécessaire la construction de dispositifs d'amarrage à des endroits exposés aux intempéries. Même dans les bassins conçus pour recevoir les grands navires, le mouvement des vagues peut devenir excessif, à cause de la largeur de l'ouverture nécessaire au passage de ces navires géants. Par conséquent, les ingénieurs doivent pouvoir calculer ou encore mesurer à l'aide de modèles les mouvements d'un navire amarré et les forces qui s'exercent sur lui. Puisque tous les dispositifs d'amarrage se retrouvent en eaux peu profondes, le mouvement des vagues et la réaction du navire sont irréguliers et donc difficiles à décrire mathématiquement. Actuellement, on en est à l'établissement des modèles mathématiques qui précèdent les modèles physiques.

L'intérêt croissant pour les ressources de l'Arctique canadien a poussé la division à consacrer une forte proportion de ses travaux aux problèmes particuliers de l'environnement de l'Arctique. Par exemple, à la demande d'une compagnie pétrolière canadienne, la division a entrepris une série de tests en vue d'évaluer les propriétés hydrostatiques et hydrodynamiques d'une nouvelle plate-forme de forage en mer, le monocône; il s'agit d'une énorme structure de béton qui pourrait servir à la prospection pétrolière sous la mer de Beaufort.

Un autre projet récent de la division comprenait des essais à l'aide de modèles réduits d'un nouveau type de brise-glace polaire pour le compte de la Garde côtière canadienne et d'un bureau montréalais d'architectes navals. Le navire de 600 pieds (180 m), mû par trois propulseurs et d'une puissance de 90 000 chevaux-vapeur, serait le plus gros et le plus puissant brise-glace jamais construit.

À certaines périodes de l'année, la navigation canadienne est ralentie et même arrêtée complètement par les glaces; c'est pourquoi il y a un besoin pressant d'une meilleure connaissance des propriétés de la glace flottante et de ses effets sur les navires et les ouvrages marins. Par conséquent, les chercheurs de la division étudient présentement la possibilité de créer des modèles reproduisant les propriétés de la glace d'eau salée ou d'eau douce à l'aide de diverses méthodes, par exemple au moyen de cire flottant sur de l'eau. Si ce projet réussit, cette simulation de la glace permettrait aux chercheurs de repro-

build mooring structures in exposed areas. Even in enclosed basins designed for large ships, the wave agitation tends to be high because of the size of the basin entrance required to accommodate these super vessels. As a consequence, designers must be able to calculate or measure in model studies the expected motions of a moored vessel and its mooring forces. Since all mooring structures are located in shallow water, the wave agitation pattern and the ship response are more irregular and more difficult to describe in mathematical terms. The mathematical models that precede physical modelling are now under study in this area.

The increasing interest in Arctic resources has impelled the Division to devote a substantial proportion of its work to the special problems posed by the Arctic environment. For instance, at the request of a Canadian oil company, the Division has carried out tests to evaluate hydrostatic and hydrodynamic properties of the monocone offshore drilling platform, a proposed giant concrete structure for oil exploration beneath the Beaufort Sea.

Another recent project was the detailed scale model testing of a proposed new type of polar icebreaker for the Canadian Coastguard and a Montreal firm of naval architects. The 180 m ship, to be powered by three propellers with up to 90,000 horsepower thrust, would be the largest and most powerful icebreaker ever built.

Because navigation in Canada is hindered and stopped completely at times by sea and river ice, there is a pressing need for a better understanding of the properties of floating ice and its effects on ships and structures. Consequently, the Division's researchers are examining the possibility of modelling the properties of salt and fresh water ice, using such systems as wax floating on water. If successful, this ice simulation would allow testing to reflect much more faithfully Canada's navigation conditions.

In addition to providing researchers with data on the performance of new ship designs, scale modelling techniques have been found to be a valuable tool for the study of man-made modifications to rivers and estuary systems. The Division's scientists have built several large river models, the best known being a model of the St. Lawrence River, a project undertaken under the sponsorship of Transport Canada and aimed at improving navigation along the River. The model originally simulated water flows and tides along a 500 km section of the St. Lawrence, from Montreal to the town of Bic near Pointe-au-Père. Later, techniques were developed for replacing the Montreal to Quebec City section of the model by a computer simulation interacting with the remainder of the physical model. Over the years, the St. Lawrence River model has been used to study several improvement plans for the River but, since the original model did not include the effects of salt and fresh water interaction, studies were limited to areas where water circulation was homogenous. More extensive use of the model is now possible since its conversion to mixed salt/fresh water operation.

Indeed, several recent projects have extended the scope of scale modelling as an investigative technique, using mixed salt and fresh water tidal models. One of Canada's first large tidal models, that of the Churchill Harbor in Manitoba, was built to study the best configuration for a proposed ice-deflecting structure in the dock area to extend the shipping season in Hudson's Bay. Town planners also wanted to determine the effect of a reduction in river discharge on upstream movement of salt water to ensure that the town's fresh water intake would not be threatened. Salt/fresh water tidal models are particularly useful in estuary systems such as the Churchill River area since the interaction between salt and fresh water flows can have far-reaching effects on sediment transport and deposition.

As part of a cooperative program between federal departments and the New Brunswick Ministry of Economic

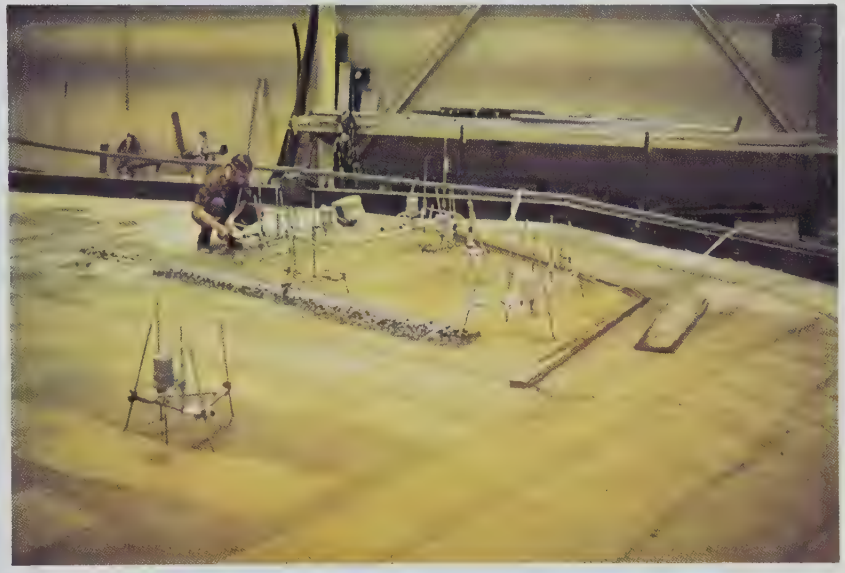
Scale modelling techniques are a valuable engineering tool for the study of modifications to rivers and estuary systems, as well as for improving harbors and coastal structures. This photograph shows a typical model study of a Lake Huron harbor. The instruments mounted on stilts are wave monitors. The model is exposed to carefully scaled down waves from a wave machine.

Les modèles à l'échelle sont des outils précieux pour l'ingénieur chargé d'étudier des modifications à la configuration des rivières et des estuaires et de planifier l'amélioration des ports et des ouvrages côtiers. On voit ici un modèle typique, représentant un port du lac Huron. Les instruments montés sur pilotis, au premier plan, sont des capteurs qui mesurent la hauteur des vagues, générées à une échelle réduite par une machine spéciale.

duire plus fidèlement les conditions de la navigation au Canada.

En plus de fournir aux chercheurs des renseignements sur la performance des nouveaux types de navires, les techniques utilisant les modèles à l'échelle se sont avérées très utiles pour l'étude des modifications aux fleuves et à leurs estuaires. Les scientifiques de la division ont construit plusieurs grandes maquettes de fleuves, la plus connue étant celle du Saint-Laurent, un projet relevant de Transports Canada et visant à l'amélioration de la navigation sur ce fleuve. À l'origine, la maquette reproduisait les courants et les marées le long d'une section longue de 500 km, de Montréal au Bic, près de Pointe-au-Père.

On a par la suite remplacé la section de Montréal à Québec de la maquette par un modèle sur ordinateur en interaction avec la partie physique de la maquette. Au cours des années, la maquette du Saint-Laurent a servi à l'étude de plusieurs projets d'amélioration du fleuve, mais, comme elle n'incluait pas les effets de l'interaction entre l'eau salée et l'eau douce, les études étaient limitées aux régions dans lesquelles l'eau circulait de façon homogène. Depuis qu'elle a été adaptée pour fonctionner avec un mélange d'eau salée et d'eau douce, la maquette est plus souple d'emploi.



De même, plusieurs projets récents ont augmenté la portée des maquettes à l'échelle comme technique d'essais, grâce à l'emploi de simulations de marées contenant un mélange d'eau douce et d'eau salée. La construction de l'une des premières grandes simulations de marée, celle du port de Churchill au Manitoba, avait pour but de trouver la meilleure configuration pour une structure servant à dévier les glaces près des quais afin d'allonger la saison de navigation dans la baie d'Hudson. Les urbanistes voulaient aussi déterminer les effets d'une diminution de la décharge du fleuve sur le mouvement en amont de l'eau salée, afin de s'assurer que l'alimentation de la ville en eau douce ne serait pas compromise. Les simulations de marées à mélange d'eau douce et d'eau salée sont très utiles dans ce cas car l'interaction entre les courants d'eau douce et d'eau salée peut avoir des effets très importants sur le transport et l'accumulation des sédiments.

Dans le cadre d'un programme coopératif entre des ministères fédéraux et le ministère de la Croissance économique du Nouveau-Brunswick, la division a adapté une maquette de l'estuaire du fleuve Miramichi au fonc-

In 1973, one of the world's largest artificial oil storage islands was installed in the Ekofisk area of Norway's North Sea sector. Partly immersed in about 70 m of water, the structure includes a unique perforated breakwater developed by G. L. E. Jarlan, a former research scientist of the Division's Hydraulics Laboratory. The perforated walls allow waves to flow through holes instead of smashing against a solid structure. Friction and turbulence thus dissipate a sizable part of the wave energy. The photograph shows the storage unit under construction near Stavanger, Norway.

En 1973, l'une des plus grandes îles artificielles du monde pour le stockage du pétrole fut mise en place dans le secteur norvégien de la mer du Nord (Ekofisk). Placée dans environ 70 m d'eau et en partie immergée, elle comportait un brise-lames spécial inventé par G. L. E. Jarlan, anciennement rattaché au laboratoire d'hydraulique de la division. Ces murs perforés laissent passer les vagues par des ouvertures. Le frottement et la turbulence de l'eau dissipent ainsi une fraction importante de l'énergie des vagues. On voit ici le brise-lames lors de sa construction près de Stavanger en Norvège.

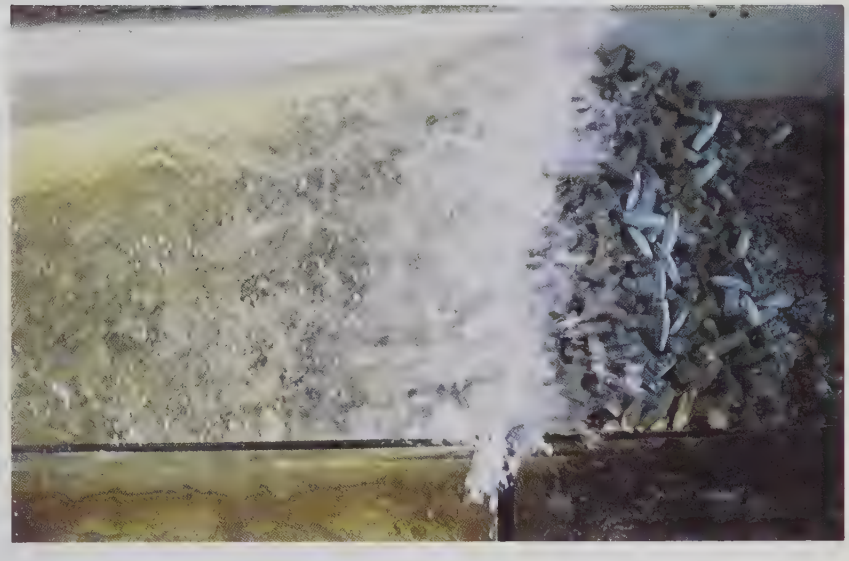
In certain areas of the world, natural sea conditions sometimes combine to create gigantic, devastating walls of water — episodic waves. At the Division's Hydraulics Laboratory, experimental and theoretical studies of this little-known phenomenon are under way. This picture shows a model of a breakwater being pounded by a simulated storm in a wave flume.

Dans certaines régions du monde, les phénomènes marins naturels produisent quelquefois des supervagues gigantesques et dévastatrices. Les chercheurs du laboratoire d'hydraulique de la division se livrent actuellement à des travaux théoriques et expérimentaux en vue d'élucider ce phénomène naturel mal connu. On voit ici une maquette d'un brise-lames exposée à une tempête simulée dans un bassin d'essais.

tionnement en eau salée afin de voir s'il sera possible d'approfondir le chenal menant aux ports de Chatham et de Newcastle.

Tout en perfectionnant les modèles physiques, on avançait aussi la mise au point de modèles mathématiques qui se sont avérés très utiles pour augmenter la précision des techniques physiques. Par exemple, on a utilisé des modèles mathématiques fournissant des renseignements hydrographiques comme les courants et les niveaux d'eau pour étudier les fleuves Fraser et Saint-Laurent ainsi que les rivières des Outaouais, Saint-Clair et Détroit; on s'est aussi servi des données recueillies grâce à ces modèles pour étudier la possibilité de contenir les nappes de pétrole à l'intérieur d'estacades flottantes.

Les chercheurs de la division participent aux efforts canadiens de développement de sources renouvelables d'énergie en étudiant les possibilités offertes par l'énergie des vagues au Canada. Le travail actuel consiste essentiellement à suivre de près les travaux internationaux dans ce domaine et à évaluer les projets en marche, surtout à l'aide de méthodes analytiques. Les scientifiques évaluent également les caractéristiques des vagues le long du littoral canadien en utilisant les données fournies par le Groupe d'étude de la vague du ministère des Travaux publics. D'autres travaux en ce do-



Growth, the Division has converted a large model of the Miramichi River estuary to salt water operation for a study of the interaction between the river's salt and fresh water flows. The project is designed to test the feasibility of deepening the navigation channel to the ports of Chatham and Newcastle.

In parallel with the physical model work, much progress has been made in the development of mathematical methods of modelling which have proven to be valuable aids in refining physical modelling techniques. Mathematical models which provide basic hydrographic information, such as currents and water levels, have been used to study the Fraser, St. Lawrence, Ottawa, St. Clair and Detroit Rivers; more recently, the output from several of these models has been used to test the feasibility of containing oil spills behind booms.

As a contribution tó the current efforts to develop renewable energy sources, divisional scientists are investigating the future of wave energy in the Canadian context. Present work consists mainly of following international developments in the wave energy field and assessing current proposals, principally through analytical studies. Scientists are also evaluating the "wave climate" around the Canadian coast, using data from the *Wave Climate Group* of the Department of Public Works. Other contributions in the field include the development of specialized instrumentation for measuring sea wave characteristics.

Air

Air transportation research has always been of interest to the Division of Mechanical Engineering, beginning with studies prior to World War II that showed how water injection boosted the output of piston engines in aircraft.

After the War, the Division became involved in the study of gas turbine engines and the initial experiments led to research in the aerodynamic, thermodynamic and acoustic phenomena of turbomachinery.

Over the years, extensive research and development programs were launched in cooperation with private industry and other laboratories of the NRC. Thanks to its special test facilities, the Division has performed qualification programs on many aircraft powerplants developed in Canada and abroad, in parallel with a host of fundamental and applied research programs on aircraft turbine engines.

One of the functions of the Division's researchers is to assist government agencies and industrial firms in the solution of problems involving the operation of complete engines. One example concerns an investigation, following a request from the Canadian Armed Forces, of a stall problem with the engine of the CF-5 jet aircraft during certain maneuvers. A solution was found through both an analytic study of the engine compressor operating characteristics and an experimental measurement of performance and control variables.

In another program, a team from the Division of Mechanical Engineering, Carleton University and Computing Devices of Canada Limited joined forces to develop a system to measure the thrust generated by jet engines in flight. The resulting thrust meter permits a more economical operation while providing the pilot with insights into engine performance level.

Under certain weather conditions, aircraft engines are highly vulnerable to ice formation and ingestion. This has led the Division to develop comprehensive techniques for testing turbojet, turbopropeller and turbofan engines under simulated icing conditions. Through the experience gained over some 25 years of research in cooperation with the aeronautical industry, the Division's staff has made significant contributions to the development of icing protection systems for Canadian gas turbines.

Several other air transportation problems have received the Division's attention. For a number of years, it has operated a continuing test program to determine the effective-

Le Conseil national de recherches, Leigh Instruments Limited, de Carleton Place en Ontario, et Digital Electronics Laboratories Limited, d'Ottawa, ont mis au point un détecteur de givrage amélioré pour les hélicoptères (encadré). Ceux-ci peuvent voler sur place à vitesse presque nulle par rapport à l'air ambiant alors que les pales de leur rotor tournent à haute vitesse. De dangereuses accumulations de glace pourraient donc se former sur les pales avant qu'un détecteur classique ne donne l'alarme. Le nouveau détecteur fonctionne efficacement sous toutes conditions de vol.

A collaborative venture involving the National Research Council, Leigh Instruments Limited of Carleton Place, Ontario, and Digital Electronics Laboratories Limited of Ottawa, has led to the development of an improved icing detector (inset) for helicopters. These aircraft are able to hover so that the air speed across their fuselage is almost zero while the rotors turn at high speed. Under such circumstances, a conventional detector may not give warning until the rotor blades are severely iced. The new instrument works under all conditions.

A J85 jet engine was used by NRC and Computing Devices of Canada Limited in the design of a system to measure the amount of thrust produced by jet engines in flight. This infrared photograph shows the system being tested at full throttle in a test cell. The new thrust meter permits a more economical operation while providing the pilot with information on engine performance.

Un turboréacteur J85 a été utilisé par le CNRC et la compagnie Computing Devices of Canada Limited pour faciliter la mise au point d'un dynamomètre de poussée utilisable en vol. Dans cette photo à l'infrarouge, on peut voir les essais à plein régime de ce dynamomètre, dans une cellule d'essais de la division. Le nouvel instrument permet des économies de carburant tout en donnant au pilote des renseignements sur le niveau de performance du moteur.

ness of de-icing systems installed on various types of helicopters. (Tests are performed during the winter on actual craft under flight conditions in an outside spray rig.) The Division has developed an icing detector to warn helicopter pilots of dangerous ice accumulation and it also studies the effect of airborne snow on visibility conditions and on engine stall.

Another air transportation project involves the development of an anemometer to detect dangerous near-ground air turbulence, a condition invisible to the naked eye which can be hazardous to a small aircraft landing in the wake of a large commercial aircraft. The NRC anemometer thus has a potential application in decreasing hazards on airfield landing strips.

Finally, the Division has undertaken a number of studies on aviation fuel handling and safety. It is evaluating a filter element for the removal of solids and water from aviation fuel and it has analyzed fire hazards during refueling operations.

Pipelines

A substantial part of Canada's energy supply is transported to users

For a number of years, the Division has operated a test program to determine the effectiveness of de-icing systems installed on various types of helicopters. The tests are performed during the winter on actual craft under flight conditions, using an outside spray rig at Uplands Airport, Ottawa.

Depuis plusieurs années, la Division de génie mécanique conduit un programme d'essais visant à déterminer l'efficacité de systèmes de dégivrage installés sur divers types d'hélicoptères. Les essais ont lieu l'hiver, sur des appareils en vol, à l'aide d'un banc d'essais de givrage situé à l'extérieur, à l'aéroport d'Uplands à Ottawa.

maine comprennent la mise au point d'instruments spécialisés pour la mesure des propriétés des vagues.

Le transport aérien

La recherche sur les transports aériens a toujours intéressé les chercheurs de la Division de génie mécanique. Les travaux ont débuté avant la Deuxième guerre mondiale, alors que des études ont démontré que l'injection d'eau augmentait la puissance des moteurs d'avions à pistons.

Après la guerre, la division s'est intéressée à l'étude des moteurs à turbines à gaz; les premières expériences ont permis d'entreprendre des travaux en aérodynamique, en thermodynamique et sur les phénomènes acoustiques des turbo-machines.

Au cours des années, la division a entrepris de vastes programmes de recherche et de développement en collaboration avec le secteur privé et d'autres laboratoires du CNRC. Grâce à ses installations spéciales d'essais, la division a mené à bien des programmes de vérification des groupes propulseurs de plusieurs aéronefs développés au Canada et à l'étranger, tout en s'engageant dans bon nombre de projets de recherche fondamentale et appliquée sur les moteurs d'avions à turbines.

L'une des fonctions des chercheurs de la division consiste à aider les organismes gouvernementaux et

les compagnies privées à résoudre les problèmes liés au fonctionnement des moteurs. Par exemple, les Forces armées canadiennes, observant que le moteur de l'avion à réaction CF-5 calait lors de certaines manœuvres, ont demandé l'aide de la division. Le problème a été résolu grâce à une analyse des propriétés de fonctionnement du compresseur du moteur et grâce à des mesures expérimentales de la performance et des variables de commande.

Dans le cadre d'un autre programme, des chercheurs de la Division de génie mécanique, de l'Université Carleton et de Computing Devices of Canada Limited ont coordonné leurs efforts pour développer un système de mesure de la poussée en vol des moteurs à réaction. L'instrument de mesure qui a été mis au point per-

In collaboration with industry, divisional scientists have developed energy-efficient, computerized methods for running and controlling pipeline pumping stations such as this TransCanada PipeLines pumping station in Saskatchewan.

En collaboration avec l'industrie canadienne des pipe-lines, les scientifiques de la division ont mis au point des méthodes informatiques plus efficaces, permettant de réduire la consommation d'énergie de stations de pompage telles que cette station de la compagnie TransCanada PipeLines en Saskatchewan.

through a vast network of pipelines stretching across thousands of miles of the country. In the past few years, a number of problems related to the operation of these systems have been brought to the attention of the Division of Mechanical Engineering.

Expertise gained in the field of aircraft engine icing has been applied to icing problems in stationary gas turbine installations such as pipeline pumping stations operating in cold environments. At the request of Canadian companies, the Division is investigating means of preventing icing problems on existing systems and is recommending design techniques to avoid icing difficulties in future installations.

Another active concern of the Division is the development of better methods for controlling pipeline pumping stations. In the past, it has worked closely with TransCanada PipeLines to increase the efficiency of pipeline compressors used for pumping natural gas. From 10 to 12 per cent of the gas carried through the pipeline is consumed as a fuel for the gas turbines that power the compressors and appreciable savings are possible in this area. Over the years, the growing demand for natural gas has been met by increasing the pipeline capacity through the addition of more pumping units in the pumping stations. The new compressors were added in parallel with the old ones, not necessarily in the most efficient manner. Consequently, the Division designed a mathematical model of a pipeline pumping station and developed a computerized method to run it while minimizing the fuel consumption through a proper allocation of the work load among the various compressors.

met des économies tout en donnant au pilote des renseignements sur le niveau de performance du moteur.

Sous certaines conditions météorologiques, les moteurs d'avion sont très sensibles au givrage. Ce problème a incité la division à mettre au point un ensemble de techniques pour étudier le comportement des turboréacteurs, turbopropulseurs et turbosoufflantes en simulant des conditions de givre. Grâce à ses 25 années d'expérience de recherche en collaboration avec l'industrie aéronautique, le personnel de la division a apporté d'importantes contributions à la mise au point de systèmes de protection contre le givrage des turbines à gaz au Canada.

Le travail de la division a touché plusieurs autres aspects du transport aérien. Depuis plusieurs années, elle conduit un programme d'essais pour déterminer la valeur des systèmes de dégivrage installés sur divers types d'hélicoptères. (Les essais ont lieu l'hiver, sur des appareils en vol, à l'aide d'un banc d'essais de givrage situé à l'extérieur.) La division a mis au point un détecteur de givrage pour avertir les pilotes d'hélicoptère de toute accumulation dangereuse de givre. On étudie également les effets des chutes de neige sur la visibilité et sur le calage des moteurs.

Dans un autre projet, la division travaille à la mise au point d'un anémomètre pour détecter la turbulence atmosphérique à très basse altitude, une condition invisible à l'œil nu mais qui peut s'avérer très dangereuse pour les petits appareils atterrissant dans le sillage de gros appareils commerciaux. L'anémomètre du CNRC offre donc la possibilité de diminuer les dangers sur les pistes d'atterrissage.

Finalement, la division a entrepris un certain nombre d'études sur la manipulation en toute sécurité des carburants utilisés dans l'aviation. Elle évalue un filtre pour éliminer les solides et l'eau du carburant et elle s'est penchée sur les dangers d'incendie lors des pleins de carburant.

Les pipe-lines

Une partie importante des ressources énergétiques canadiennes est livrée aux usagers grâce à un vaste réseau de pipe-lines couvrant des milliers de milles à travers le pays. Au cours des dernières années, quelques problèmes reliés au fonctionnement de ces systèmes ont été signalés à la division.

L'expérience acquise grâce au dégivrage des moteurs d'avions a été appliquée au problème du dégivrage des installations de turbines à gaz stationnaires telles que les stations de pompage des pipe-lines situés dans les régions froides. À la demande de compagnies canadiennes, la division étudie les moyens de prévenir le givrage des systèmes déjà en place et suggère des mesures à prendre pour éviter que le problème ne se présente dans les installations futures.

Le développement de meilleures méthodes de contrôle des stations de pompage des pipe-lines intéresse également la division. Par le passé, la division a collaboré étroitement avec TransCanada PipeLines pour augmenter l'efficacité des compresseurs utilisés pour le pompage du gaz naturel dans les pipe-lines. De 10 à 12% du gaz transporté par un pipe-line est consommé comme carburant dans les turbines à gaz qui font marcher les compresseurs; on pourrait donc réaliser là de substantielles économies. Au cours des ans, la demande croissante de gaz naturel a été satisfaite en augmentant la capacité des pipe-lines grâce à des unités de pompage additionnelles dans les stations de pompage. Les nouveaux compresseurs sont installés en parallèle avec les autres, pas nécessairement de façon très efficace. La division a donc mis au point un modèle mathématique d'une station de pompage de pipe-line et a développé une méthode par ordinateur pour faire fonctionner une station en minimisant la consommation de carburant grâce à une bonne répartition de la charge de travail entre les divers compresseurs.

Manufacturing Technology

The Division's Manufacturing Technology Center has acquired sophisticated numerically-controlled machine tools to advance its own development work and to assist with productivity improvements in Canadian industry. This photograph shows an advanced tape controlled 60-tool machining center. Tools are stacked on a "carousel" tray and changed automatically as needed.

Le Centre de technologie en production industrielle de la division s'est porté acquéreur de machines-outils très avancées, à commande numérique; ces machines-outils font progresser le programme de R&D du centre et contribuent à l'amélioration de la productivité dans l'industrie canadienne. On voit sur cette photo un centre d'usinage très avancé, à commande numérique et pouvant utiliser soixante outils différents. Ces outils sont rangés sur un support rotatif et changés automatiquement suivant les besoins.

It is often difficult for Canadian manufacturing companies, particularly the small- and medium-sized ones, to shop for new equipment among the profusion of competing products available on the market. It is sometimes even more difficult to organize new skills to achieve improved productivity against a short-term deadline.

In recognition of these problems, the Division of Mechanical Engineering has amassed a reservoir of the appropriate equipment and expertise in the form of the Manufacturing Technology Center. Besides producing specialized equipment for NRC laboratories, the Center plays an important role in bringing sophisticated new technologies to the attention of industrial firms, in evolving new manufacturing techniques, in purchasing and developing new manufacturing equipment which might offer Canadian manufacturers a competitive edge, and in providing training facilities for industrial personnel.

Numerical control (that is, the use of pre-programmed machine tools carrying out several machining operations on a specific part) is assuming increasing importance in the manufacturing industry. To facilitate its introduction in Canadian machine shops, the Center has purchased six sophisticated tape-controlled multi-tool machining centers. The acquisition of progressively more sophisti-

La technologie manufacturière

Il est souvent difficile pour les compagnies manufacturières canadiennes, spécialement celles de petite et moyenne envergure, de choisir l'appareillage nouveau dont elles ont besoin parmi les nombreux produits vendus sur le marché par divers fournisseurs. Il leur est souvent plus difficile encore d'organiser leurs ressources pour améliorer la production dans de brefs délais.

Pour répondre à ces besoins, la Division de génie mécanique a rassemblé une réserve d'appareillage et de ressources humaines au sein du Centre de technologie en production industrielle. En plus de produire des appareils spéciaux pour les laboratoires du CNRC, le centre joue un rôle important en signalant aux compagnies industrielles l'existence de nouvelles technologies de pointe, en mettant au point de nouvelles techniques de fabrication, en achetant et en développant de nouveaux appareils de fabrication qui peuvent permettre aux manufacturiers canadiens d'être plus concurrentiels, et en fournissant des services de formation du personnel industriel.

La commande numérique (c'est-à-dire l'emploi de machines-outils préprogrammées pour plusieurs opérations d'usinage sur une même pièce) est de plus en plus importante pour l'industrie manufacturière. Pour faciliter son emploi dans les ateliers canadiens, le centre a acheté six machines d'usinage, à fonctions multiples, commandées par bandes perforées. L'acquisition de machines-outils à commande numérique de plus en plus avancées a permis au Centre de technologie en production industrielle de mettre en œuvre cette nouvelle technologie de façon ordonnée et avec succès, pour aider l'industrie canadienne à améliorer sa productivité, augmenter sa souplesse et réduire le coût de l'usinage.

Dans certains cas spéciaux, comme pour la fabrication des aubes en titane de section transversale très mince qu'on retrouve dans les compresseurs à turbine, il n'est pas possible de se servir des techniques habituelles d'usinage. Le Centre de technologie en production industrielle se tourne alors vers des méthodes spéciales comme l'usinage électrochimique, un procédé dans lequel le métal est enlevé d'un bloc à l'aide d'un électrolyte (c'est le contraire de la galvanoplastie), en utilisant comme matrice une électrode qui est l'image-miroir de la pièce à fabriquer.

Une autre des réalisations intéressantes du centre a été la «sécularisation» de la soudure au faisceau électronique, procédé qui fait appel à un faisceau d'électrons à haute énergie focalisé pour souder les métaux. Puisque la soudure est faite dans le vide, on évite la contamination par les gaz ou autres impuretés. En plus, la concentration élevée d'énergie appliquée à la très petite surface de soudure réduit au minimum les contraintes causées par la chaleur. Le centre a démontré l'utilité de cette technique pour toute une gamme d'applications industrielles, à partir de la fabrication des vis platinées d'automobiles jusqu'à la réparation des rouleaux géants utilisés dans l'industrie des pâtes et papiers.

Au fil des années, la division a mis au point et fait connaître plusieurs techniques répondant à toute une variété de besoins industriels.

C'est ainsi que le personnel de la division a étudié les caractéristiques et les applications des jets d'eau à haute pression comme outils à découper. La recherche a démontré que plusieurs types de matériaux peuvent être coupés à l'aide d'un jet d'eau puissant, et l'on explore maintenant les moyens de rendre cette méthode économique pour tout un ensemble d'applications, par exemple couper le papier journal et en enlever les rognures à très haute vitesse, tailler le roc, la glace, le cuir et les plastiques. Les jets d'eau peuvent également servir au nettoyage de l'intérieur des tuyaux et des fours à coke dans les aciéries.

L'industrie ayant besoin d'aubes de turbines à gaz pouvant fonctionner à haute température, la division a mis au point une méthode pour plaquer de céramique ou de poudres

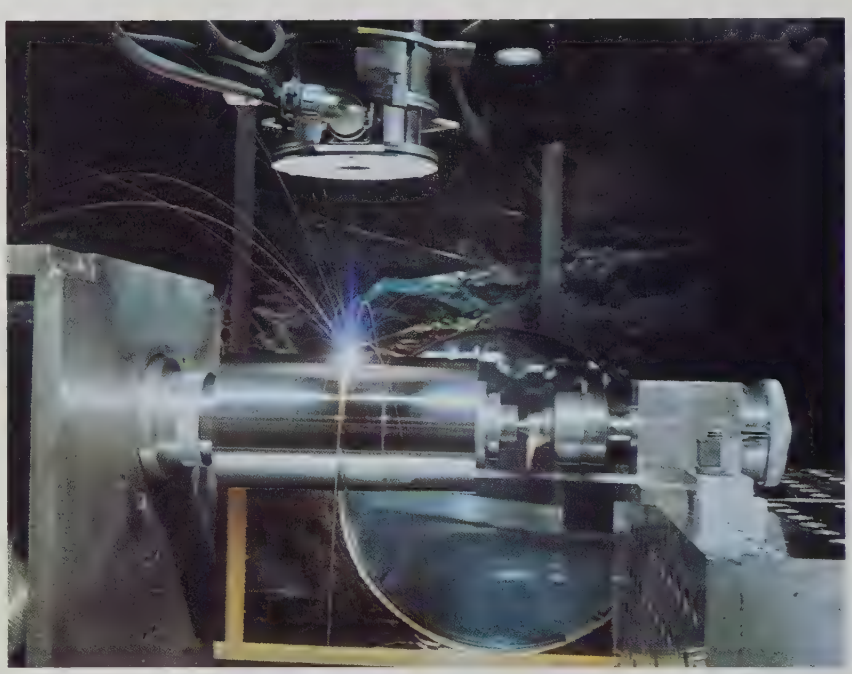
A significant achievement of the Manufacturing Technology Center has been the "secularization" of electron beam welding, a process which uses a focused beam of high energy electrons to fuse metals together. The technique has been found useful in a wide range of industrial applications, from the production of automobile contact breaker points to the manufacture of machinery and nuclear reactor parts.

Une réalisation remarquable du Centre de technologie en production industrielle a été la «sécularisation» du soudage au faisceau focalisé d'électrons de haute énergie pour fondre ensemble des métaux. Cette technique a connu toute une gamme d'applications allant de la fabrication des vis platinées pour automobiles à la fabrication de machines et de composants de réacteurs nucléaires.

cated numerically-controlled machine tools has enabled the Manufacturing Technology Center to apply this new technology in an orderly, successful manner to help Canadian industry improve productivity, increase flexibility and reduce tooling cost.

In certain specialized situations, such as the fabrication of titanium turbine compressor blades with very thin cross sections, it is not possible to use standard machining techniques. The Manufacturing Technology Center turns to unusual methods such as electrochemical machining, a process in which material is removed from a block of metal via an electrolyte (the reverse of electroplating), using as a template an electrode which is the mirror image of the part to be produced.

Another significant achievement of the Center has been the "secularization" of electron beam welding, a process which uses a focused beam of high energy electrons to fuse metals together. Since it is carried out in a vacuum, the resulting weld is free of sorbed gases and other contaminations. As well, the high concentration of energy applied to the very small weld area minimizes heat-induced stresses. The Center has demonstrated that the technique is very useful in a wide range of industrial applications, from the production of automobile contact breaker points to the repair of giant rolls used in the pulp and paper industry.



Over the years, the Division has developed and disseminated a number of new techniques covering a wide spectrum of industrial needs.

For instance, the Division's staff has been exploring the properties and applications of high pressure water jets as cutting tools during the last few years. Research has shown that a large variety of materials can be cut using a high-pressure water jet and studies are now under way to make this powerful cutting method economical for cutting and trimming newsprint at very high speeds, as well as rock, ice, leather and plastics. Water jets have been used for cleaning the inside of pipes and coking ovens in the steel industry.

In response to the need for gas turbine blades that can withstand high operational temperatures, the Division has developed a method for plating turbine components with ceramic or metal powders. As opposed

A new method of ice breaking being developed by divisional scientists involves the use of high pressure water jets that are able to slice through thick ice sheets. Early tests with a portable unit at an Uplands Airport test site have been encouraging. Current data analysis indicates that a system with ten times the power of the unit shown might allow relatively low power ice breakers to open passage in thick ice sheets.

Des chercheurs de la Division de génie mécanique travaillent à la mise au point d'une nouvelle technique pour briser la glace, fondée sur l'emploi de jets d'eau à haute pression, capables de traverser une épaisse couche de glace. Les premiers essais, effectués avec une unité portative à l'aéroport d'Uplands, se sont avérés encourageants. Une analyse des données disponibles indique qu'un dispositif dix fois plus puissant pourrait permettre à des brise-glace de puissance relativement modeste de se frayer un passage dans d'épaisses couches de glace.

Adhesion tests between metals conducted at NRC's Mechanical Engineering laboratory in Vancouver are performed under ultra-high vacuum. Pairs of specimens separated by a thin lubricating film of gold are held in this frictionless mount and correctly aligned by adjusting the gold-plated screws.

Des essais d'adhérence entre les métaux, poursuivis au laboratoire de Vancouver de la Division de génie mécanique du CNRC, sont effectués dans l'ultra-vide. Des échantillons séparés par un mince film d'or, jouant le rôle de lubrifiant, sont maintenus dans ce montage sans frottement et alignés correctement en réglant les vis plaquées d'or.

to available methods, the new process works equally well for ceramic or metal powders. It is based on an electric discharge which creates a shock wave, forcing the particles into the surface of a material. This is a significant step towards the construction of more efficient high temperature gas turbines.

Research conducted in the field of plasma dynamics has led to new measuring techniques for industrial needs. In cooperation with the steel industry, one of those techniques, originally designed to measure the temperature of a plasma, has been adapted to locating surface defects in hot bars of steel as they leave the rolling mills at speeds of up to 600 m/min. and temperatures above 500°C. This could lead to increased production, smaller inspection and storage areas and a reduction in the total energy requirement.

Growing public concern over aircraft engine noise has resulted in the Division establishing test facilities for measuring the noise characteristics of gas turbine fans and jets. In cooperation with the Division of Physics, laboratory testing of a quite efficient jet engine of recent design is now taking place.

Millions of dollars are spent each year in Canada to replace and repair industrial machinery damaged through wear and friction. This led the NRC to establish, in 1971, an

métalliques les éléments des turbines. Contrairement aux méthodes traditionnelles, le nouveau procédé fonctionne tout aussi bien pour la céramique que pour les poudres métalliques. Il se fonde sur une décharge électrique créant une onde de choc qui force les particules à pénétrer la surface d'un matériau. Il s'agit là d'un grand pas vers la construction de turbines à gaz à hautes températures et donc plus efficaces.

Les travaux de recherche dans le domaine de la dynamique des plasmas ont permis la mise au point de nouvelles techniques de mesure adaptées aux besoins industriels. En collaboration avec l'industrie sidérurgique, une technique conçue à l'origine pour mesurer la température d'un plasma a été adaptée pour localiser les défauts de surface de barres d'acier qui sortent des laminoirs à des vitesses pouvant atteindre 600 m/min et à des températures dépassant 500°C. Cette technique pourrait conduire à une augmentation de la production, à une réduction de la superficie requise pour l'inspection et l'entreposage, et à une réduction de la consommation totale d'énergie.

La préoccupation croissante du public face au problème du bruit des moteurs d'avions a amené la division à mettre en place des installations d'essais pour mesurer les caractéristiques du bruit engendré par les souffl antes et les réacteurs des turbines à gaz. En collaboration avec la Division de physique, des essais en laboratoire sont maintenant en cours sur un nouveau moteur à réaction de très haut rendement.

Chaque année, au Canada, on dépense des millions de dollars pour remplacer et réparer les machines industrielles endommagées par l'usure et le frottement. Ce problème a amené le CNRC à créer, en 1971, un Comité associé de tribologie, néologisme qui désigne la science de la lubrification, du frottement et de l'usure. Les onze membres du comité proviennent du secteur public ou industriel ainsi que de plusieurs laboratoires de la Division de génie mécanique. Les travaux récents dans le domaine tribologique comprennent des études sur des sujets aussi variés que l'emploi d'air comme lubrifiant dans les fraises à haute vitesse employées par les dentistes ou encore la résistance à l'usure des nouveaux alliages employés dans la fabrication des pièces de monnaie. Sous le patronage du comité, le laboratoire de l'Ouest de la division a étudié la résistance à l'abrasion des matériaux employés dans la manutention des minerais et des roches; le laboratoire s'est également penché sur le problème de l'usure des pompes à carburant domestiques et a trouvé qu'elle était due à une lubrification par des huiles de basse qualité.

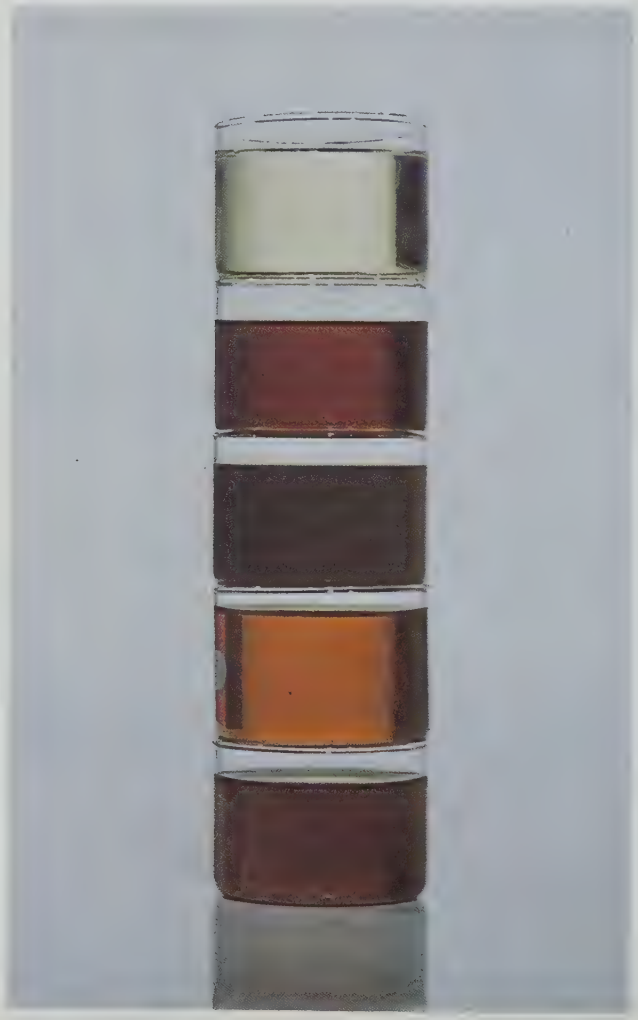
D'autres chercheurs de la division ont étudié les problèmes d'usure des fusils de chasse, causée par l'emploi de munitions en fer doux; ces dernières pourraient un jour remplacer les grains de plomb que l'on utilise actuellement. On veut ainsi éviter l'empoisonnement des oiseaux qui, en cherchant leur nourriture au sol, avalent les grains de plomb. Il semble qu'une munition composée de plomb à 75% et de fer à 25% serait plus acceptable tant au point de vue écologique qu'au point de vue de l'usure du canon.

Au moment où les réserves mondiales de pétrole vont en diminuant, les scientifiques cherchent de nouvelles méthodes permettant non seulement d'augmenter les réserves non renouvelables d'énergie mais aussi, autant que possible, de les remplacer par des sources renouvelables. À la Division de génie mécanique, la lutte pour la conservation de l'énergie est engagée sur plusieurs fronts, à partir d'une gestion prudente des ressources actuelles jusqu'à l'étude des combustibles exotiques de l'avenir.

Plus d'un tiers de l'huile employée au Canada pour la lubrification est mise au rebut, formant un cambouis qui menace la qualité de l'environnement. Dans sa recherche de moyens de conservation des ressources naturelles, la division collabore avec l'industrie canadienne à une étude des techniques de recyclage des huiles

Divisional engineers are investigating methods of recycling second-hand lubricating oils, procedures which will become increasingly important as the world's petroleum resources dwindle. Used motor oil is acid-treated to remove additives and contaminants, and the resulting "re-refined" base oil treated with additives appropriate to its intended use. From the top: virgin base oil; engine tested and warranty-approved motor oil formulated from virgin oil and additives; used motor oil; re-refined base oil, using the acid treatment process; motor oil formulated from recycled oil.

La division étudie le recyclage des huiles usées, dont l'importance croîtra à mesure que les ressources mondiales en pétrole diminueront. Les huiles usées sont traitées à l'acide pour en éliminer les additifs et les produits de contamination et raffinées à nouveau pour recevoir de nouveaux additifs. De haut en bas: de l'huile vierge; de l'huile garantie, essayée dans des moteurs et constituée d'huile vierge et d'additifs; de l'huile usée; de l'huile usée traitée à l'acide; de l'huile recyclée, faite d'huile usée traitée et d'additifs.



Associate Committee on Tribology, a newly-coined name that designates the science of lubrication, friction and wear. The Committee's 11 members include representatives from government, industry and researchers from several laboratories of the Division of Mechanical Engineering. Recent accomplishments in the field of tribology include studies on subjects as diverse as gas-lubricated bearings for high-speed dentists' drills and wear resistance of new alloys for coin fabrication. Under the sponsorship of the Committee, the western laboratory of the Division has studied the abrasion resistance of materials used in ore/rock handling systems; the laboratory has also investigated the wear failure of domestic fuel pumps which it found to be caused by inferior lubricating oils. Elsewhere in the Division, scientists have studied shotgun wear problems due to soft iron ammunition, suggested as a replacement for present-day lead shot to avoid the poisoning of bottom-feeding birds which ingest the spent pellets. It appears that a 75 per cent lead, 25 per cent iron pellet is more acceptable, both from an ecological and a barrel wear point of view.

As the world's oil reserves dwindle, scientists look for new methods of extending non-renewable energy supplies and replacing them by renewable energy sources wherever possi-

usagées. La division se tient au fait des progrès de la recherche industrielle sur les nouveaux procédés et sur les améliorations aux procédés actuels de traitement par les acides. La division évalue, en laboratoire et sur des moteurs en marche, un certain nombre d'huiles recyclées et analyse le cambouis qui résulte des procédés actuels de traitement par les acides.

Plusieurs opérations industrielles nécessitent le transfert de grandes quantités de chaleur hors d'une enceinte ou d'un gros appareil, ou dans le sens inverse. Les thermosiphons ont apporté une solution assez élégante à ces problèmes: il s'agit de dispositifs qui peuvent transférer la chaleur d'un endroit chaud à un endroit froid en utilisant l'évaporation et la condensation des liquides. La division a étudié l'emploi d'échangeurs de chaleur à thermosiphon dans un certain nombre d'applications industrielles comme la prévention de la formation de glace sur les bouées marines ou encore la climatisation des poulaillers.

Faire en sorte que les moteurs et les machines fonctionnent avec un rendement optimum grâce à des méthodes pratiques d'entretien constitue un autre moyen d'économiser l'énergie. Les chercheurs de la division ont trouvé qu'une excellente façon de le faire est de «prendre le pouls» d'un moteur, en observant les niveaux de vibration et en surveillant la température et l'état des lubrifiants; de la sorte, un moteur diesel, par exemple, peut rester en service tant qu'il fonctionne bien, n'étant l'objet d'entretien ou de réparations que lorsque la nécessité s'en fait sentir plutôt qu'à intervalles arbitraires comme c'est le cas maintenant.

On présente souvent l'hydrogène comme le combustible de l'avenir, le seul carburant qui demeurera disponible après l'épuisement des combustibles fossiles. Toutefois, l'emploi généralisé de ce combustible attrayant et propre dépend du développement de méthodes d'entreposage sûres et pratiques. C'est pourquoi la division s'intéresse à certains métaux qui, pulvérisés, «dévorent» de grandes quantités d'hydrogène pour ensuite le dégager à volonté sous l'effet de la chaleur.

La division songe aussi à employer le méthane comme carburant. Le méthane, composé que l'on retrouve dans le gaz naturel, est produit grâce à la décomposition bactérienne des déchets organiques. On a fait des expériences avec des tracteurs agricoles mus par un mélange de méthane et de gaz carbonique; les chercheurs mesurent l'efficacité de la combustion et la nature des gaz d'échappement pour diverses proportions de ces deux gaz.

Enfin, dans le domaine de la recherche sur les plasmas, la division s'intéresse à une nouvelle méthode permettant d'obtenir des pressions et des températures très élevées en focalisant des ondes de choc sphériques au moyen d'un réflecteur de forme appropriée. Les chercheurs de la division continuent de se livrer à des études expérimentales et théoriques des propriétés des gaz à haute température soumis à un faisceau laser très intense; ils envisagent également de nouvelles approches dans le domaine de l'analyse des plasmas.

ble. At the Division of Mechanical Engineering, the battle for energy conservation is fought on a broad front, ranging from the wise husbandry of today's energy supplies to the exploration of the exotic fuels of tomorrow.

More than a third of the lubricating oil used in Canada ends up as waste oil, a gooey black substance posing a serious threat to the environment. In the quest for means of conserving scarce natural resources, the Division collaborates with Canadian industry in an investigation of techniques for re-refining used lubricating oil. The Division keeps abreast of current industrial research into new processes and into improvements in the existing acid treatment process. It performs laboratory and engine evaluations of a variety of re-refined oils and analyzes the sludges that result from the current acid treatment process.

Many industrial operations require the displacement of large quantities of heat to or from an enclosure or a piece of machinery. A rather elegant solution to the problem is provided by thermosiphons, devices that can transfer heat from a hot to a cold location using the processes of liquid evaporation and condensation. The Division has investigated the use of thermosiphon heat exchangers in a variety of industrial applications ranging from keeping sea buoys free of ice in winter to removing waste heat from poultry houses.

Another aspect of energy conservation involves maintaining engines and machinery at a peak level of efficiency through sound maintenance practices. Researchers in the Division have found that an effective way to do this is to "listen" to the pulse of an engine, monitoring vibration levels, bearing temperature and the condition of lubricating oil so that a diesel engine, for instance, can be kept running as long as it continues to function well, receiving service only when necessary rather than at fixed intervals as is the current practice.

Hydrogen is often touted as the fuel of the future, the one convenient fuel that will still be available when the fossil fuels are long gone. However, widespread use of this attractive non-polluting fuel is conditional on the development of safe, convenient storage methods. As a consequence, the Division is investigating a novel method of hydrogen storage based on certain metals which, in powder form, behave like a "hydrogen sponge", soaking up hydrogen gas and releasing it when heated.

The Division is also considering the use of methane as an engine fuel. Methane, one of the constituents of natural gas, is produced through the bacterial decomposition of organic wastes. Experiments have been performed with farm tractors operating on a mixture of methane and carbon dioxide and scientists are measuring combustion efficiency and exhaust gas emission for various ratios of the two gases.

In the field of plasma research, the Division is exploring a technique for achieving extreme temperatures and pressures based on the generation of spherical shock waves focused by a specially shaped reflector. The Division is also performing theoretical and experimental studies on properties of high temperature gases under strong laser illumination as well as exploring new avenues in the field of plasma diagnostics.

Ocean navigation buoys sometimes become so heavily coated with freezing spray that they capsize. This new buoy, designed with the help of the Division's Gas Dynamics Laboratory, automatically takes heat from the sea to warm the exposed parts where ice forms. It uses a thermosiphon, a tube containing fluid which absorbs heat in the lower section and releases it in the upper section.

Les bouées marines d'aide à la navigation se recouvrent quelquefois de tellement de glace qu'elles chavirent. Cette bouée, mise au point avec l'aide technique du laboratoire de la dynamique des gaz de la division, capte automatiquement la chaleur de la mer pour faire fondre la glace qui se dépose sur sa superstructure. La bouée contient un thermosiphon, tube contenant un liquide qui absorbe de la chaleur dans la partie inférieure et la dégage dans la partie supérieure.

Computer Applications and Control Systems

An engineer faced with the problem of designing an efficient, economical system or device often makes good use of simulation techniques, the study of scaled-down models that aid in evaluating these proposals. Well-known examples of the technique include hydraulic models of rivers, pilot plants for process evaluation and wind tunnel studies for aircraft design. In recent years, computer models have become an important tool for engineering design. At the National Research Council, the Division of Mechanical Engineering has assumed a prominent role in applying computer modelling to the needs of Canadian industry. In the early 1960's, its scientists pioneered the use in engineering design of hybrid computers, a new class of machines that combine the capabilities of digital computers, which handle numbers, and analog computers, which perform computations by manipulating currents and voltages directly.

Over the years, the NRC scientists have applied their expertise in control systems and computer technology to the simulation and design of a large number of devices, processes and complete systems, in close collaboration with Canadian and international firms. Their approach has been guided by the realization that introducing or improving an industrial process or a piece of machinery often requires information based on practical experience, observation and intuition as well as engineering practices. Accordingly, the Division has perfected the use of interactive computer models where special display units allow non-specialists to communicate with a computer model and run a simulated system in the same fashion as the real system.

A good example of the validity of this approach is the computer simulation of a copper smelting operation at Noranda Mines Limited. Metal smelting operations offer a special challenge since they consist of a combination of discrete operations and continuous processes, both subject to operator intervention at various stages. The successful development of an interactive computer model resulted in substantial savings for the company in the form of increased production through improved scheduling strategies; it also provided smelter foremen with a valuable tool which they can use directly as a training aid and as a means for experimenting with new scheduling programs.

This copper smelter simulation paved the way for a host of other industrial applications such as the modelling of a Stelco Basic Oxygen Furnace (BOF) and of a Quebec Iron and Titanium electric furnace shop. Thanks to their advanced hybrid computer facilities, the NRC engineers were able to study improvements in the material handling and the scheduling aspects of the two plants.

In parallel with these activities in the field of industrial process control and simulation, the Division has considered problems as diverse as the control of the complete power train of a Canadian Navy destroyer, performance estimates of the new Magdalen Islands windmill power plant, and the design of an attitude and orientation controller for the new Canadian Communications Technology Satellite launched in January 1976. In the latter case, because the satellite operates in a zero-gravity environment, its attitude control system could only be tested, prior to launching, with computer modelling techniques.

Another active concern of the Division involves a number of aviation-related studies; as an example, a hybrid computer model of a proposed turbofan is being assembled to investigate dynamic performance of alternate configurations of components and controllers. Hybrid computers are also used to study the control requirements of a gas turbine drive system for a helicopter, including a dynamic model of the helicopter itself, its turbine and turbine controller.

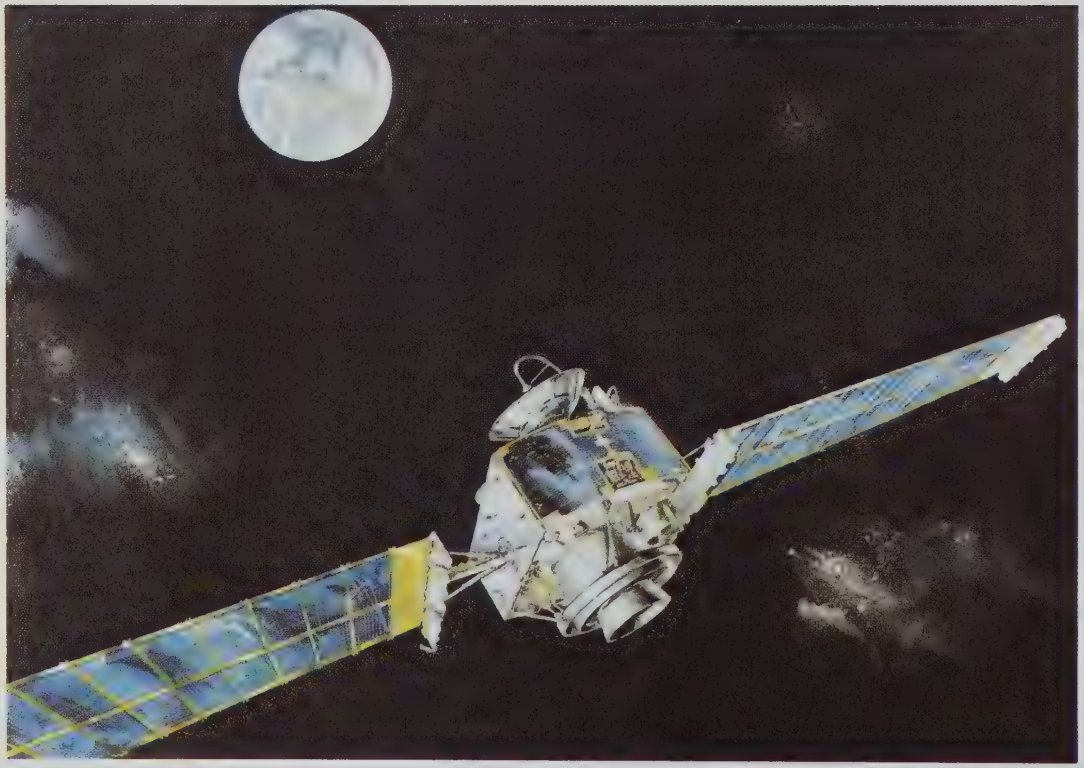
Aside from their immediate concern for industry's needs, the Division's scientists devote much of their time to evaluating procedures used

Interactive computer models have been built to study the materials handling operations and the scheduling aspects of large industrial operations similar to this steel mill operated by the Sidney Steel Corporation in Cape Breton Island.

Grâce aux modèles sur ordinateur interactifs, on peut étudier les problèmes de manutention des matériaux et les calendriers de production de grands complexes industriels tels que cette aciérie exploitée par la Sidney Steel Corporation dans l'Île du Cap-Breton.

Computer modelling techniques were recently used by the Analysis Laboratory to design a system to control the attitude and orientation in space of the Communication Technology Satellite Hermes. The CTS is an experimental Canadian geostationary satellite launched by the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) in 1976. The new control system and model, implemented on a hybrid computer, promises to increase the satellite's flexibility and usefulness.

Le laboratoire d'analyse s'est servi récemment de la modélisation sur ordinateur pour mettre au point le système de commande de l'attitude et de l'orientation dans l'espace du satellite technologique de télécommunication Hermès. Celui-ci est un satellite géostationnaire expérimental canadien qui a été placé sur orbite par la National Aeronautics and Space Administration (NASA), en 1976. Le nouveau système de commande et son modèle, programmé sur un ordinateur hybride, ne manqueront pas d'accroître la souplesse d'emploi et l'utilité du satellite.



in designing and building computer models and sorting out what makes a model effective. It appears that the single most important factor is the careful planning of each modelling and simulation project in close collaboration with those people who have practical experience with the situation being studied. A computer modelling and simulation handbook has been prepared to help future users follow efficient modelling techniques based on a sound, step-by-step analysis of their practical situation.

Les applications de l'ordinateur et les systèmes de commande

L'ingénieur responsable de la conception d'un système ou d'un dispositif efficace et économique met souvent à profit les techniques de simulation, c'est-à-dire l'étude de modèles à l'échelle qui l'aident à évaluer les projets ébauchés. Les modèles hydrauliques des rivières, les usines pilotes pour l'évaluation des procédés et les souffleries pour l'étude des propriétés des avions constituent des exemples bien connus de cette technique. Récemment, les modèles sur ordinateur sont devenus un outil précieux pour les ingénieurs-concepteurs. Au Conseil national de recherches, la Division de génie mécanique a joué un rôle important dans l'application des modèles sur ordinateur aux besoins de l'industrie canadienne. Au début des années soixante, les chercheurs de la division ont fait œuvre de pionniers dans la mise au point des ordinateurs hybrides, machines qui combinent les fonctions des ordinateurs numériques, qui travaillent avec des chiffres, et des ordinateurs analogiques, qui font les calculs grâce à une manipulation directe des courants et des tensions.

Au cours des années, les scientifiques du CNRC ont appliqué leur connaissance des systèmes de commande et de la technologie des ordinateurs à la simulation et à la conception d'un grand nombre de dispositifs, de procédés et de systèmes complets, en étroite collaboration avec les compagnies canadiennes et internationales. Leur approche s'est fondée sur la constatation suivante: l'introduction ou l'amélioration d'un procédé industriel ou d'une pièce de machinerie nécessite souvent non seulement la connaissance des méthodes de l'ingénieur, mais aussi des connaissances empiriques acquises grâce à l'expérience pratique, à l'observation et à l'intuition.

C'est pourquoi la division a perfectionné l'emploi de modèles sur ordinateurs à rétroaction, dans lesquels des appareils spéciaux permettent aux non-spécialistes de communiquer avec le modèle sur ordinateur et de faire fonctionner le système simulé de la même façon que le système réel.

Le raffinage du cuivre à Noranda Mines Ltd. constitue un bon exemple de cette approche. Le raffinage des métaux offre un défi spécial car il consiste en une combinaison d'opérations discontinues et de procédés continus nécessitant l'intervention d'un ouvrier à différentes étapes. Le développement d'une simulation à interaction a permis à la compagnie de faire des économies substantielles et d'accroître sa production par une meilleure planification des opérations; le système a aussi fourni aux contremaîtres un outil précieux dont ils peuvent se servir pour la formation des ouvriers et pour l'essai de nouveaux horaires de production.

Cette simulation appliquée au raffinage du cuivre a préparé le terrain pour une gamme d'applications industrielles comme la simulation d'un fourneau à oxygène de la Cie Stelco et d'un atelier de fourneaux électriques pour le compte de Fer et Titane du Québec. Grâce à leurs installations avancées d'ordinateurs hybrides, les ingénieurs du CNRC ont pu étudier les améliorations à apporter au traitement des matériaux et à la planification des horaires dans ces deux usines.

En parallèle avec ses activités dans le domaine de la commande et de la simulation des procédés industriels, la division a étudié des problèmes aussi variés que la commande du groupe propulseur d'un destroyer de la Marine canadienne, les prévisions de rendement de l'éolienne des Îles de la Madeleine et la conception d'un mécanisme de commande de l'attitude et de l'orientation du nouveau satellite technologique de télécommunications canadien lancé en janvier 1976. Dans ce dernier cas, comme le satellite fonctionne en l'absence de gravité, le système de commande de l'attitude ne pouvait être mis à l'essai avant le lancement que grâce à des techniques de simulation sur ordinateur.

La division s'intéresse aussi à un certain nombre de projets reliés à

With guy wires dangling, the rotor of an NRC-designed, vertical axis windmill is carefully lowered onto its tower at a test site on Québec's Magdalen Islands. The Division of Mechanical Engineering contributed to the overall NRC design of the unique structure through computer simulations aimed at identifying the conditions that would make windmill use economically feasible.

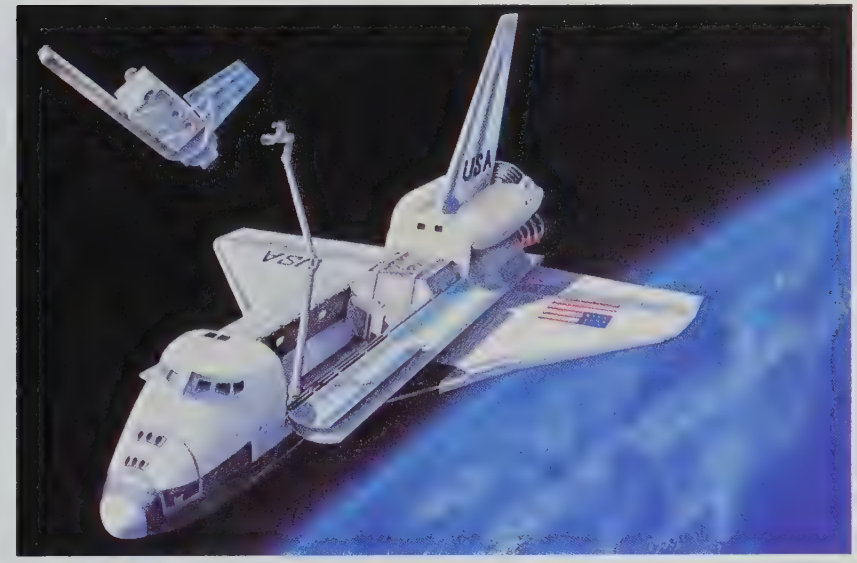
Retenu par ses haubans, le rotor d'une éolienne à axe vertical conçue par le CNRC est descendu avec soin sur sa tour, située sur un site expérimental aux Îles de la Madeleine au Québec. La Division de génie mécanique a apporté sa contribution aux efforts d'ensemble du CRNC dans la mise au point de cette installation unique, en procédant à des simulations sur ordinateur visant à établir dans quelles conditions l'emploi d'une telle éolienne pourrait être rentable.

The Space Shuttle, a squat rocket-cum-glider capable of shuttling to and from near-earth orbit, is being developed by the U.S. National Aeronautics and Space Administration (NASA) with help from other nations. Canada is contributing the Remote Manipulator System — an arm which will enable the Space Shuttle crew to manipulate satellites as big as a bus in the void of space. As part of NRC's contribution to the RMS program, a computer model of the arm's joint controls and actuators has been assembled by divisional scientists.

La National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis travaille en collaboration avec d'autres nations à la mise au point de la navette spatiale, un véhicule mi-fusée, mi-avion, pouvant servir plusieurs fois. Le Canada doit fournir le système télémanipulateur formé d'un bras qui sera greffé sur la capsule spatiale et qui pourra manipuler des satellites aussi gros qu'un autobus dans le vide de l'espace. Dans le cadre de la contribution du CNRC à ce programme, des chercheurs de la division ont préparé un modèle sur ordinateur du bras spatial.

l'aviation; on y travaille présentement à la mise au point, sur ordinateur hybride, d'un modèle de turbosoufflante, afin d'étudier le rendement dynamique de différentes configurations de ses éléments et de ses commandes. Les ordinateurs hybrides servent aussi à l'étude des mécanismes de commande d'un hélicoptère, ce qui comprend un modèle dynamique de l'hélicoptère lui-même, de la turbine à gaz et de son mécanisme de commande.

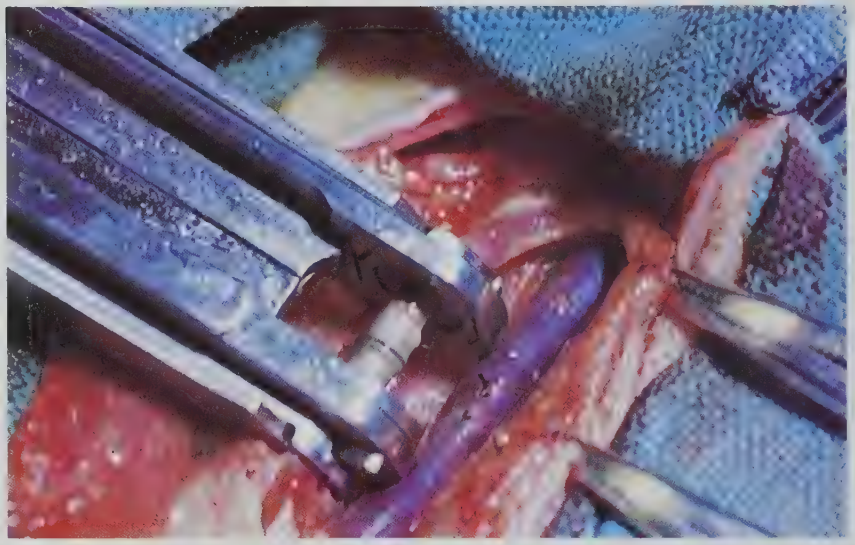
En plus de se soucier des besoins de l'industrie, les scientifiques de la division passent une bonne partie de leur temps à évaluer les méthodes employées pour concevoir et construire les modèles sur ordinateur et à déterminer ce qui rend un modèle efficace. Il semble que le facteur le plus important soit la planification minutieuse de chaque modèle et de chaque simulation, en étroite collaboration avec des personnes qui ont une expérience pratique de la situation à l'étude. Un manuel de modélisation et de simulation a été préparé pour aider les utilisateurs de modèles à employer des techniques efficaces basées sur une analyse logique et détaillée de la situation pratique.



Human Engineering

Some years ago, following a request by Ottawa surgeons, an instrument was developed for the joining of small blood vessels by a stapling operation. The instrument proved to be of considerable value in complex surgical procedures such as organ transplants.

À la demande de chirurgiens de la région d'Ottawa, il y a quelques années, on a construit un instrument permettant la suture par agrafage de petits vaisseaux sanguins. Cet instrument s'est révélé d'une grande utilité lors d'opérations complexes de greffes d'organes.



The Division of Mechanical Engineering has long been active in the development of medical instruments and techniques, along with a general interest in the field of human engineering.

Past achievements in medical instrumentation have included blood vessel staplers, organ coolers, tattooing instruments to mask hereditary port wine stains and devices to help surgeons correct improper spine curvature.

More recently, the Division has designed a mechanical page turner to provide increased reading capability for the handicapped. The instrument can hold a pocketbook-sized text and permits page selection at will via a control switch.

The Division has also investigated the benefits of using the air bed principle for the treatment of burns. Originated in the U.K., the air bed replaces the conventional mattress with a set of porous air cells, using the same principle as air cushion vehicles to support a patient on a film of air over the whole contact area rather than at a few isolated pressure points as in a normal bed. This avoids bedsores and facilitates an abundant flow of heated, ventilating air over burns, thereby speeding up healing. Independent clinical trials are proceeding to evaluate two air beds; one was designed and built by NRC and the other by a British commercial firm (it has been adapted by the Division to meet Canadian electrical requirements).

In parallel with these developments, the Division is concerned with human engineering, the interplay of existing knowledge of control systems in living organisms and in the engineering sciences.

Human engineering activities are centered on feedback control and signal transmission in the nervous system. One of the current projects is the development of a technique for monitoring the integrity of the spinal cord during corrective surgery for scoliosis (curvature of the spinal column), when forces applied to the spinal column might result in inadvertent damage to the spinal cord. Another related project deals with temperature and pressure control in the human spinal cord; this investigation has important clinical applications, particularly in the treatment of spinal cord trauma. A set of surgical instruments is being developed to give surgeons rapid access to the spinal cord during operations. In addition, a method of locally cooling the cord and controlling its temperature has been devised and is under test on laboratory animals. Local cooling of the spine helps prevent permanent crippling due to spinal

L'ergonomie

Il y a longtemps que la Division de génie mécanique s'intéresse au développement d'instruments et de techniques médicales et à l'ergonomie en général.

Ses réalisations en instrumentation médicale comprennent des agrafeuses de vaisseaux sanguins, des refroidisseurs d'organes, des instruments de tatouage permettant de masquer les taches de vin cutanées ainsi que des dispositifs pour aider les chirurgiens à corriger les déviations de la colonne vertébrale.

La division a récemment conçu un tourne-page mécanique afin de rendre la lecture plus facile pour les handicapés. La machine peut tenir un livre de poche et en tourner les pages à volonté, à l'aide d'un bouton de commande.

La division a aussi étudié les avantages des lits d'air pour le traitement des brûlures. Originaire du Royaume-Uni, le lit d'air remplace le matelas traditionnel par un ensemble de cellules d'air poreuses, s'appuyant sur le même principe que les véhicules à coussins d'air: les patients flottent en quelque sorte sur un film d'air qui recouvre toute l'aire de contact au lieu d'appliquer une pression en quelques points seulement comme c'est le cas avec un lit conventionnel. Ce lit évite les escarres et facilite la circulation d'un air chaud et bienfaisant sur les brûlures, augmentant ainsi la vitesse de cicatrisation. On procède actuellement à des essais cliniques indépendants pour évaluer deux lits d'air, conçus et construits l'un par le CNRC, et l'autre par une compagnie britannique (il a été adapté par la division pour satisfaire aux normes électriques canadiennes).

En parallèle avec ces travaux, la division s'intéresse à l'ergonomie, l'interaction entre les sciences de l'ingénieur et nos connaissances des systèmes de commande dans les organismes vivants.

Les activités de la division en ce domaine portent sur la commande par rétroaction et sur la transmission des signaux dans le système nerveux. Un projet en cours vise à mettre au point une technique pour observer la moelle épinière durant les opérations chirurgicales visant à corriger la scoliose (déviation latérale de la colonne vertébrale), pour empêcher que les forces appliquées sur la colonne vertébrale n'endommagent accidentellement la moelle épinière. On développe également un ensemble d'instruments chirurgicaux qui pourront donner aux chirurgiens un accès facile à la moelle épinière pendant les opérations. De plus, on a conçu une méthode de refroidissement et de contrôle de la température de la moelle; cette méthode est présentement à l'essai sur des animaux de laboratoire. Le refroidissement local de la colonne aide à prévenir des infirmités permanentes causées par des chocs à la moelle épinière lors de certains accidents.

En collaboration avec l'Université Queen's, la division travaille à l'application des champs électromagnétiques non ionisants à la guérison des blessures. Combinée avec des traitements chimiques, cette méthode non seulement accélère la guérison mais produit des cicatrices plus esthétiques et plus solides. La recherche porte maintenant sur la qualité des cicatrices obtenues par cette méthode et on envisage la possibilité d'un modèle théorique du processus de guérison des blessures.

Dans le domaine du comportement, on étudie les facteurs affectant la performance psychomotrice humaine, spécialement les effets du stress. Pour ce faire, on a développé un appareil appelé «tensiomètre» (analyseur de stress), fondé sur le principe que le temps de réaction des humains varie avec le niveau de stress. Le sujet doit suivre à l'aide d'un index une tache lumineuse qui se déplace rapidement et de façon aléatoire sur un cadran. L'instrument a servi à l'étude des effets du décalage horaire sur la performance des pilotes d'avions. Il a également été employé pour mesurer l'effet de l'alcool sur la performance des conducteurs d'automobile, fournissant une mesure objective de la diminution des réflexes causée par les drogues et l'alcool.

Before setting out on an air flight across several time zones, DC-8 pilot Peter Rose is tested on a stressalyzer, an instrument that measures the effect of stresses such as rapid time-zone changes on pilot performance. The instrument has also been used to monitor the effect of drugs and alcohol on car driver performance.

Avant de partir pour une envolée de dix heures et de franchir plusieurs fuseaux horaires, le pilote de DC-8 Peter Rose subit un test sur un «tensiomètre», appareil qui mesure l'effet d'un stress tel que le décalage horaire sur la performance des pilotes d'avions. Cet instrument a également été employé pour mesurer l'effet des drogues et de l'alcool sur la performance des conducteurs d'automobiles.

cord trauma in certain types of accidents.

Another project, performed in collaboration with Queen's University, concerns the application of non-ionizing electromagnetic fields to control the process of wound healing. Combined with chemical treatment, healing is not only accelerated but the resultant scar is stronger and more cosmetic. Research is now concerned with the strength and quality of healing by this method and with the establishment of a theoretical model of wound healing.

In the area of behavior, research is being conducted into the factors affecting human psychomotor performance with particular reference to the effect of stress. An instrument called a Stressalyzer, based on the premise that human reaction time varies with the degree of stress, has been developed for this work. It consists of a moving light on a display panel; the subject has to track the light with a pointer while it moves rapidly and at random. The instrument has been used to study the effect of jet lag on airline pilot performance. It has also been used to test the effect of alcohol on car driver performance, providing an objective measure of reflex degradation due to intoxicants such as drugs and alcohol.

Using the same principle as an air cushion vehicle, this experimental hospital air bed supports a patient on a film of air. The Division of Mechanical Engineering built the bed for clinical evaluations and the study of new techniques for the treatment of burns. A clinical study program that includes divisional scientists is now under way at the Hôtel-Dieu Hospital in Kingston, Ontario.

Basé sur le même principe que les véhicules à coussins d'air, ce lit d'hôpital expérimental à coussins d'air soutient le patient sur un film d'air. La Division de génie mécanique a construit ce lit en vue d'une série d'essais cliniques pour l'étude de nouvelles méthodes de traitement des brûlures. Avec la participation de chercheurs de la division, un programme d'essais cliniques est en cours à l'Hôtel-Dieu de Kingston, en Ontario.

Date Due

30803 Pam:061.1:(*41) NRC-DME

National Research Council Canada:
AUTHOR

Division of Mechanical Engin-
TITLE eering.

DATE LOANED	BORROWER'S NAME	DATE DUE

30803

Pam:061.1: (*41) NRC-DME

National Research Council Canada

Division of Mechanical Engineeri
-ng.

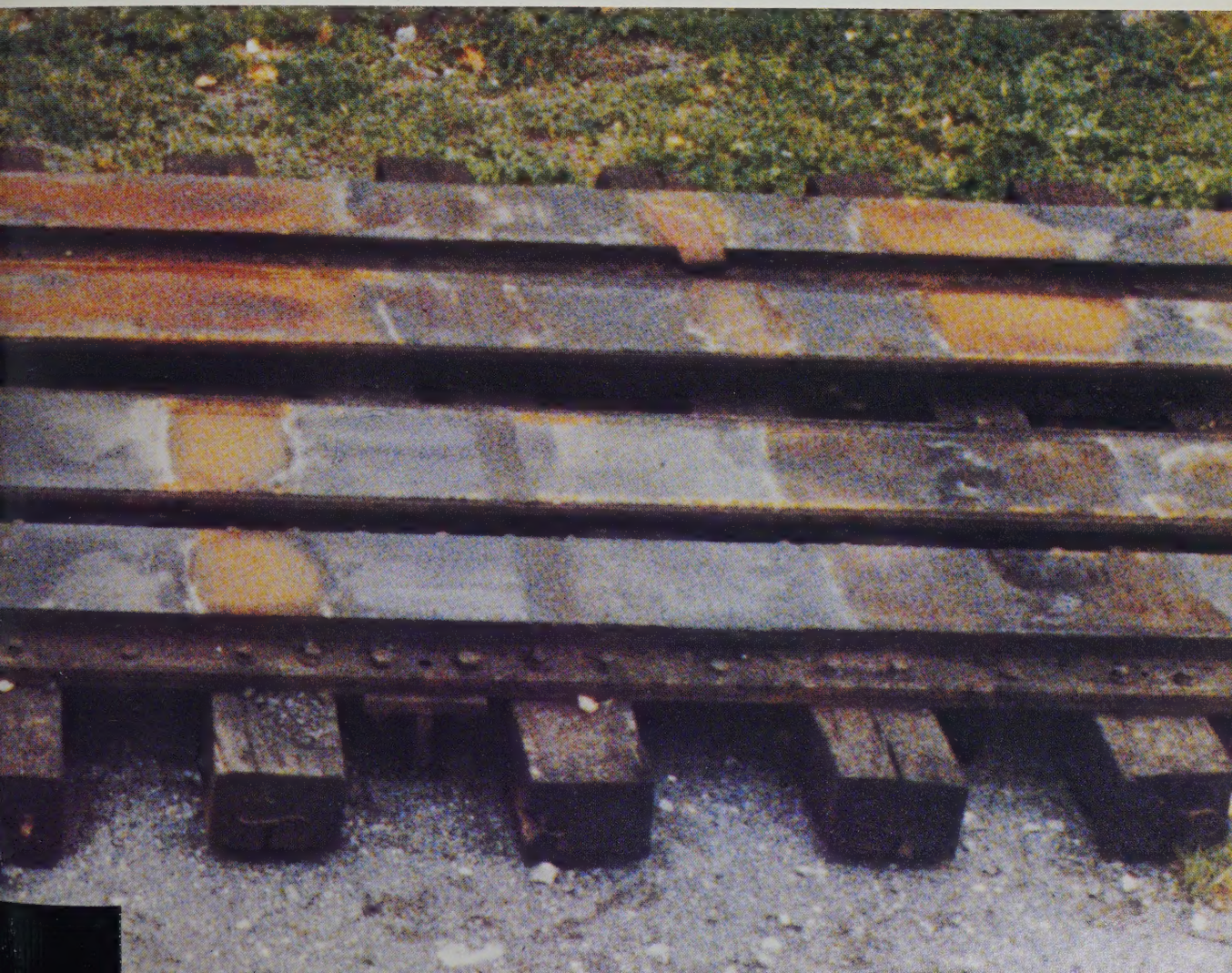
Boreal Institute for Northern
Studies Library
CW 401 Bio Sci Bldg
The University of Alberta
Edmonton, AB Canada T6G 2E9

Produced by the
Public Information Branch
National Research Council of Canada
© Copyright February 1978

English and French text: Michel Brochu
Photography: Bruce Kane
Other photos: Patricia Grichen, DME, cover and inside cover; A. S. Jackson, DME, p. 14; DME photos, pp. 6, 9, 23, 31, 37, 44; NRC photo, p. 25; Department of Communications, p. 40; Karl Sliva, Alcan Canada Products Limited, p. 42; Canadian Government Photo Center, p. 10 (left); Cie C. G. Doris, p. 20; C. B. Tucker, TransCanada PipeLines, p. 26; John Bianchi (artwork), p. 43; Ralph Leonardo, DME, p. 46; G. A. R. Fowler, DME, p. 47.
Design: Jacques Charette & Associates Ltd.
Editorial Production Coordinator: Diane Bisson Staigh
Design and Print Production Coordinator: R. C. Rickerd
Printed in Canada by DOLLCO
Color separations: Hadwen Graphics
31164-7-0052

Réalisé par la
Direction de l'information publique
Conseil national de recherches du Canada
© Copyright février 1978

Texte français et anglais: Michel Brochu
Photographie: Bruce Kane
Autres photos: Patricia Grichen, DGM, couverture et feuillet intérieur de la couverture; A. S. Jackson, DGM, p. 14; photos de la DGM, pp. 6, 9, 23, 31, 37, 44; photo du CNRC, p. 25; ministère des Communications, p. 40; Karl Sliva, Produits Alcan Canada Limitée, p. 42; Centre de photographie du gouvernement canadien, p. 10 (à gauche); Cie C. G. Doris, p. 20; C. B. Tucker, TransCanada PipeLines, p. 26; John Bianchi (illustration), p. 43; Ralph Leonardo, DGM, p. 46; G. A. R. Fowler, DGM, p. 47.
Conception graphique: Jacques Charette & Associés Ltée
Coordonnatrice de la rédaction: Diane Bisson Staigh
Coordonnateur des arts graphiques et de l'impression: R. C. Rickerd
Imprimé au Canada par DOLLCO
Séparation de couleurs: Hadwen Graphics
31164-7-0052



University of Alberta Library
0 1620 0323 9611

Looking very much like a Mars landscape, at first glance, this picture of a rust pattern on a steel rail symbolizes the engineer's constant struggle with natural phenomena such as wear and rust.

Évoquant un paysage martien, ce dessin formé par la rouille sur un rail d'acier symbolise la lutte constante de l'ingénieur avec des phénomènes naturels tels que la rouille et l'usure des matériaux.